

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-167500

(43)Date of publication of application : 13.06.2003

(51)Int.Cl.

G03H 1/26
G02F 1/13
G02F 1/1335

(21)Application number : 2001-367378 (71)Applicant : ART NAU:KK
HAMAMATSU PHOTONICS KK
(22)Date of filing : 30.11.2001 (72)Inventor : TAKEMORI TAMIKI
KON KENJI

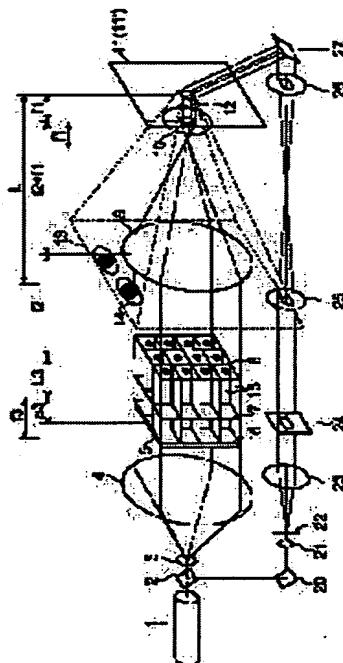
(54) METHOD FOR MAKING HOLOGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for making a hologram to decrease the noise observed in a reproduced image.

SOLUTION: In the method for making a hologram, a plurality of images displayed in a spatial optical modulating element 6 are used as the object light, the object light passes through a lens array 7 composed of a plurality of lenses disposed corresponding to the respective images included in the object light and through a reducing optical system 9, 10 to reduce the object light from the lens array 7, and the object light with reference light is made to irradiate a recording plane 11 to record the interference light of the object light and the reference light on the recording plane

11. Partitions 15 to separate each image from other images are disposed between the spatial optical modulating element 6 and the lens array 7 to decrease the noise.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of
rejection]

[Kind of final disposal of application other

BEST AVAILABLE COPY

than the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Two or more images displayed on a space light modulation element or a diffusing screen are made into body light. The cutback optical system which reduces the body light by which outgoing radiation was carried out from the lens array which consists of two or more lenses arranged corresponding to each image contained in this body light, and said lens array is minded. In the hologram creation approach which irradiates said body light on a recording surface with a reference beam, and records the interference light of said body light and said reference beam on this recording surface. The hologram creation approach characterized by establishing at least the batch object which isolates said each image of each other between said space light modulation elements and said lens arrays.

[Claim 2] The hologram creation approach according to claim 1 characterized by establishing the source of the diffused light in the preceding paragraph side of said space light modulation element.

[Claim 3] Said source of the diffused light is the hologram creation approach according to claim 1 characterized by having a laser light source and the diffusion plate formed between this laser light source and said space light modulation element.

[Claim 4] Said source of the diffused light is the hologram creation approach according to claim 3 characterized by having the magnifying lens which expands the beam diameter of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from said laser light source, and irradiates said diffusion plate, and the collimate lens which carries out parallel Guanghua of the diffused light diverging from said diffusion plate, and irradiates said space light modulation element.

[Claim 5] The distance between DS, said collimate lens, and said space light modulation element for the aperture of lambda and said collimate lens LS and the optical axis of said collimate lens, [the wavelength of the flux of light by which outgoing radiation is carried out from said diffusion plate] When pixel spacing displayed on theta and said space light modulation element in the include angle with the segment which connects the direction edge of a path of this collimate lens and the edge of said space light modulation element to accomplish is set to P, so that theta may become more than $\sin^{-1}(\lambda/P)$ The hologram creation approach according to claim 4 characterized by setting up DS and LS.

[Claim 6] Spacing with the lens array which consists of the screen of two or more of said images and two or more lenses, and spacing of said lens array and said cutback optical system are the hologram creation approach according to claim 1 characterized by being set up so that the real image or virtual-image location of said screen by said lens array and said cutback optical system may separate from said hologram in accordance with the observation location of said hologram.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the hologram creation approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] The example of creation of the Lippmann mold hologram of a single step (one-step) method which has parallax in all directions is indicated by JP,3-249686,A.

[0003] Drawing 6 is the block diagram of the planar hologram listing device indicated by this official report. In this hologram listing device, the laser beam outputted from the laser light source 103 One side of the laser beam which branched to two by the beam splitter 104, and branched Can extend the diameter of the flux of light according to a lens system, and incidence is carried out to space light modulation element F', such as a transparency mold liquid crystal display. It interferes with the reference beam which carried out incidence of the amplitude modulation from behind sensitive material 111 with the lens after the carrier beam by each pixel of space light modulation element F' which displays the image from each view created by computer, and an element hologram is formed on sensitive material 111.

[0004] Thus, at intervals of 0.3mm - 0.5mm, a dot-like element hologram is arranged in the shape of a matrix on sensitive material 111, and the Lippmann mold hologram is created. Moreover, at the time of playback, from the same direction as the direction of incidence of the above-mentioned reference beam, when the diameter of the flux of light irradiates a hologram with a large parallel light, a playback wave occurs from each element hologram on a hologram 111, and a body image is reproduced.

[0005] However, since the number of the element holograms made to record at once was limited to one piece, in order to record all element holograms, it had the fault which needs huge chart lasting time. Then, the conventional example which solves this fault is explained.

[0006] (Conventional example 1) JP,2001-183962,A is indicating the hologram creation approach which excludes cutback optical system and records many element holograms at once. By the creation approach given in this official report, 3x4 images into which the view was changed are displayed on a liquid crystal panel, and a modulation is given to the laser beam which passed this liquid crystal panel. The laser beam containing the image information of a liquid crystal panel passes the lens array by 3x4 convex lenses. The mask and sensitive material which determine the magnitude of an element hologram as a backside [a convex lens array] focal plane are arranged, spacing is equal to spacing of a display image, and magnitude can record 12 element holograms equal to opening of a mask at once. By this approach, in order to record all over sensitive material, only the magnitude of mask opening shifts sensitive material and the next exposure is performed.

[0007] (Conventional example 2) "M.Yamaguchi, H.Endoh, T.Koyama, N.Ohyama, and "High-speed recording offull-parallax holographic stereograms by a parallel exposure system"" (Opt.Eng.35(6)1556-1559 (June 1996)) are indicating the hologram creation approach which records a 12 element hologram at once. In this reference, 3x4 images which changed the view into the liquid crystal panel are displayed, and a modulation is given to the laser beam which passed this liquid crystal panel. The laser beam containing the image information of a liquid crystal panel passes the lens array by 3x4 concave lenses. Cutback projection of the light which passed each concave lens is carried out on sensitive material by the afocal cutback optical system with which two

convex lenses were combined. Here, the before [a concave lens] side focal location and the sensitive-material side constitute the image formation relation of cutback optical system. By this creation approach, in order to record all over sensitive material, one 3 times or 4 times the distance of an element hologram of this shifts sensitive material, and the next exposure is performed.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The stereogram which met in all directions and recorded the minute element hologram has vertical parallax and horizontal parallax, and even if it changes the distance of a hologram and a viewpoint, it has the outstanding description of longitudinal magnification and lateral magnification being in agreement, and not producing distortion in a reconstruction image, but since the number of element holograms to record becomes huge, it has the fault of requiring great creation time.

[0009] Although it is effective to record two or more element holograms simultaneously as a means considered for compaction of chart lasting time, the following approaches are mentioned as the implementation means.

(a) How to arrange at juxtaposition two or more light sources which are noninterfering, and two or more space light modulation elements corresponding to each to each other, and record two or more element holograms simultaneously.

(b) How to make display two or more images on a space light modulation element, make generate two or more condensing points using two or more condenser lenses to each image, and record an element hologram at these condensing points, although the light source and a space light modulation element are pieces.

(c) How to reduce condensing **** of the approach of the above (b) further, and to arrange two or more element holograms by high density.

(d) How to use the approach of of the above (b) and (c) for two or more coincidence, respectively.

[0010] Although the conventional example 1 is the approach of the above (b) Since one laser beam is extended and it uses for body light or a reference beam, in order to make the same optical reinforcement of the light which illuminates each image, and two or more reference beams which record an element hologram In order to make the same strictly whenever [incident angle / of the reference beam which records each element hologram] from using the anti-Gaussian filter with which transmission rises according to the circumference from a core, the optical system of include-angle adjustment is needed and there is a fault of being complicated, at high cost.

[0011] Although the conventional example 2 is the approach of (c), if the photograph of disclosure is observed in reference 1, the clear reconstruction image is not acquired. As this reason, the cause on experiment precision is mainly described. (1) It is the array precision of a lens array having been low, and the aberration by the inclination of each lens of (2) lens array having been large, and having not become the playback beam-of-light include angle or angle of divergence which were expected according to the aberration of (3) cutback optical system etc. However, a theoretic problem is inherent in this.

[0012] Although what is recorded on the 1st by the element hologram is a convolution integral image of the spectrum of the cutback image and image of the light source located in a before [a concave lens] side focus, the magnitude of this integral image will become minute as compared with spacing of an element hologram. Therefore, when proper exposure is performed in consideration of the dynamic range of sensitive material, a clearance exists and it becomes the cause of degrading the image quality of a reconstruction image.

[0013] JP,6-266274,A is indicating the technique of inserting the phase plate which advances or delays a phase for every pixel in order to prevent this clearance. The Gentlemen phase modification element is arranged at random. In order to distribute light over all the magnitude of an element hologram, the optical distribution which does not have a clearance beforehand in the input screen of cutback optical system must be made to form.

[0014] However, in the above-mentioned technique of modulating the phase of 4 value extent for every pixel, magnitude D of optical distribution of the condensing point is given by the following (formulas 1), when the focal distance of P and a concave lens is set to f3 and it sets wavelength to lambda for a pixel pitch.

[0015]

[Equation 1]

$$D = \lambda \times f_3 / p$$

[0016] When the example of reference 1 is made to suit, it is $D = 0.6328$ (micrometer) $\times 0.3$ (m) / 93.75 (micrometer) = 2.0 mm, this is smaller than a required screen size (6mm), a clearance occurs inevitably between pixels by setting to 0.1 (mm) the magnitude of the element hologram by which image formation was carried out by cutback optical system, and the image quality of a reconstruction image is made to deteriorate.

[0017] In the 2nd, since the location of the display image of the liquid crystal panel which each element hologram reproduces is close to an element hologram, the breadth of a playback beam of light became large, and the reconstruction image has deteriorated. When the location of the display image of the liquid crystal panel which each element hologram reproduces sets to f_2 the focal distance of the preceding paragraph side lens L_2 which constitutes f_1 for the focal distance of the latter-part side lens L_1 which constitutes cutback optical system, and constitutes b_1 and cutback optical system for an output image position and an input image position is set to a_2 , it is shown by the following (formulas 2).

[0018]

[Equation 2]

$$b_1 = f_1 \times \left(1 + \frac{f_1}{f_2 - b_2}\right) = f_1 + \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 \times (f_2 - a_2)$$

[0019] Here, a_2 is the distance to the image formation location of the liquid crystal panel with which the high order diffraction figure was removed from the lens L_2 . Since each value is not specified by reference 1, although a decision is impossible, it is $f_1/f_2 = 1/20$, and it is also as $a_2 = 0$. Since it is $b_1 \leq f_1 + f_2/400$, the image of a liquid crystal panel will carry out image formation to the location which separated only $f_2 / 400$ from the backside [a lens L_1] focus.

[0020] For example, when it assumes that it is $f_2 = 500$ (mm) $f_1 = 25$ (mm), a liquid crystal panel is $1/20$ to the location distant from the element hologram about several mm. It will be reproduced in magnitude.

[0021] If the beam-of-light spacing include angle of the playback pixel which considering the beam of light generated from an element hologram adjoins from an element hologram sets [the magnitude of an element hologram] spacing of 93.75 (micrometer) / $20 = 4.69$ (micrometer), an element hologram, and a playback pixel to 1.25 (mm) for the magnitude of the pixel of 0 and a liquid crystal panel, a beam-of-light spacing include angle will turn into 0.21 degrees.

[0022] However, if the magnitude of an element hologram assumes that it is 0.1 (mm), the divergence include angle which passes one playback pixel will turn into 4.58 degrees from an element hologram. Therefore, while causing the result whose observation include angle of the stereoscopic model which should be observed from a different include angle in this case decreases, the beam of light which passed two or more pixels laps with an observation view, in order to carry out incidence, the beam of light of the stereoscopic model which should be observed from various include angles will be observed simultaneously, and a reconstruction image will fade.

[0023] This invention is made in view of such a technical problem, and aims at offering the hologram creation approach that the noise observed in a playback image can be reduced.

[0024]

[Means for Solving the Problem] According to the hologram creation approach of this invention, two or more images displayed on a space light modulation element or a diffusing screen are made into body light. The cutback optical system which reduces the body light by which outgoing radiation was carried out from the lens array which consists of two or more lenses arranged corresponding to each image contained in this body light, and said lens array is minded. In the hologram creation approach which irradiates said body light on a recording surface with a reference beam, and records the interference light of said body light and said reference beam on this recording surface It is characterized by establishing at least the batch object which isolates said each image of each other between said space light modulation elements and said lens arrays.

[0025] Moreover, spacing with the lens array which consists of the screen of two or more of said images and two or more lenses, and spacing of said lens array and said cutback optical system are

characterized by being set up so that two or more of said real images or virtual-image locations of the screen of an image by said lens array and said cutback optical system may separate from said hologram in accordance with the observation location of said hologram.

[0026] In order that the body light which passed the space light modulation element may modulate the diffusion illumination light according to this creation approach, an illuminance serves as homogeneity mostly above the magnitude of each of two or more images with which the magnitude of each condensing image of a lens array is displayed on a space light modulation element. For this reason, it will prevent generating a clearance between element holograms. Moreover, since the batch object is established so that the condensing image of a lens array may not lap with each other, and it prevents the light which records the element hologram which adjoins the field to which a specific element hologram should be recorded mixing, the magnitude of an element hologram is tidily [without a clearance] recordable in moderate magnitude.

[0027] the three-dimension image reconstruction image of the ability of the magnitude of this element hologram to be set up which prevents that the size of the flux of light which reproduces the pixel of a space light modulation element turns into a size beyond the need from an element hologram, and is therefore observed in it is spatial -- resolution can be raised.

[0028] since the size of the flux of light which determines the magnitude and the location of a space light modulation element which are reproduced by furthermore setting up spacing of a lens array and a space light modulation element and spacing of a lens array and cutback optical system, and reproduces the pixel of a space light modulation element from an element hologram can be set up, the three-dimension image reconstruction image observed is spatial -- resolution can be raised. The quality of the three-dimension image reconstruction image observed since distance with the arrangement with which the adjoining flux of lights carry out incidence, and they do not lap spatially into the pupil in a view, i.e., a hologram, and a view is more nearly equal than the distance from a hologram to the reconstruction image of a space light modulation element or it can set up with a short distance about the location of the space light modulation element furthermore reproduced can be raised. Simultaneously, in order to carry out image formation of the scattered light generated from the space light modulation element which must have been expected a view or back [view], it is observed on the three-dimension image reproduced at least or back [its], and does not lower the quality of the reconstruction image.

[0029]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the hologram creation approach concerning the gestalt of operation is explained. In addition, to the same element, the overlapping explanation is omitted using the same sign.

[0030] (The 1st operation gestalt) Drawing 1 is the explanatory view of a hologram listing device. In this equipment, two or more images are displayed on the space light modulation element 6 in the shape of a matrix, and after condensing each image by the lens array which consists of two or more lenses corresponding to each image, by afocal optical system, cutback image formation is carried out, and it irradiates and records at sensitive material 11. The image of the space light modulation element 6 is virtual-image-sized, and a view is kept in the range from the virtual-image location or a virtual-image location to sensitive material.

[0031] This equipment is equipped with the half mirror 2 which branches the laser light source 1 which carries out outgoing radiation of the laser beam of single wavelength, and the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the laser light source 1. The laser beam which branched with the half mirror 2 passes the optical system for (i) body light exposure, and the optical system for (ii) reference beam exposure, respectively, it irradiates, respectively on the front face (it considers as a front face) of sensitive material 11, and a rear face, and a hologram is created by these interference lights. The created hologram is reproduced by the optical system for hologram (iii) playback. Hereafter, it explains in full detail.

[0032] (i) the optical system for an optical-system body light exposure for a body light exposure The beam expander which consists of lenses 3 and 4 arranged so that the passage light of a half mirror 2 may carry out incidence as a chief ray, The diffusion plate 5 with which the plane wave to which the diameter of the flux of light was expanded by these beam expanders 3 and 4 is irradiated, It has the space light modulation element 6 arranged just behind the diffusion plate 5, the condenser lens array

7 in which the light (space light modulation element image) which passed the space light modulation element 6 carries out incidence, and the gobo (batch object) 15 arranged so that two or more images which constitute a space light modulation element image may not interfere with each other. The batch object 15 is established so that the condensing image concerned between the space light modulation element 6 and the condensing image by the lens array 7 may not lap with each other at least.

[0033] the before [the cutback optical system which the body light (two or more images) by which outgoing radiation was carried out from the condenser lens array 7 becomes from lenses 9 and 10] side focal plane 8 -- setting -- abbreviation -- it is spread by uniform optical reinforcement, and after being reduced by cutback optical system, incidence is carried out to the front face of sensitive material 11.

[0034] This cutback optical system is afocal optical system, and makes a backside [a lens 10] focal plane carry out cutback image formation of the input image of the before [a lens 9] side focal plane 8. However, in drawing 1, since an understanding is easy, the surrounding batch object is removed and illustrated.

[0035] The space light modulation element 6 is the space optical modulator of an electric address type, consists of liquid crystal displays etc., and makes the luminous intensity (amplitude) of the plane wave which carries out incidence modulate and penetrate for every pixel. The display image of the space light modulation element 6, i.e., the output light figure from the space light modulation element 6, can be changed by changing the permeability of each pixel. The liquid crystal display used by this example is a 1024x768-pixel thing, and can make all these viewing areas indicate the 256x256-pixel image by 12 piece (width 3 train x length of four lines).

[0036] If 12 points which intersected the optical axis of each lens of the lens array 7 and the before [a lens 9] side focal plane 8 are illustrated as 12 images in order to make an understanding easy, through the cutback optical system (lenses 9 and 10) which consists of afocal lens optical system, the great portion of flux of light which passes through the sensitization range 13 will carry out image formation on sensitive material 11 as 12 cutback images, and it will serve as a 12 element hologram.

[0037] (ii) The optical system for an optical-system reference beam exposure for a reference beam exposure is equipped with the plane mirror groups 20 and 27 which are made to reflect further the reflected light by the above-mentioned half mirror 2, and are led to the rear-face side of sensitive material 11, and the rear face of sensitive material 11 leans to the direction of incidence of a reference beam. From a laser light source 1, with the beam expanders (afocal lens optical system) 21 and 23, the reference beam by which outgoing radiation was carried out extends a beam diameter like body light, and parallel Guanghua is carried out. The spatial filter 22 as aperture is arranged in the drawing location in the beam expander 21 and 23, and plastic surgery-ization of a wave front accomplishes by these.

[0038] After the reference beam which the beam diameter was able to extend passes the mask 24 which has rectangle opening, it passes the afocal lens optical system 25 and 26, and image formation is carried out on sensitive material 11. The area of opening of a mask 24 is set up so that a reference beam may be irradiated on sensitive material 11 in the same area as body light.

[0039] The front face of sensitive material 11 is vertical to the optical axis of the lens 10 which constitutes cutback optical system, and is carrying out incidence of the chief ray (body light) of the incident light to a lens 10 at right angles to sensitive material 11. From the front-face side of sensitive material 11, vertically, a reference beam inclines from a rear-face side, and body light carries out incidence to the same field of sensitive material 11. Into the minute field 12 of sensitive material 11, two or more exposure of the so-called Lippmann type of element hologram is carried out by the incidence of such body light and a reference beam. A 12 element hologram is contained in the minute field 12.

[0040] Sensitive material 11 becomes unable to apply a silver salt emulsion on a transparency glass plate, and can use sensitized materials for holograms, such as dichromated gelatin, for others as an emulsion. Moreover, polymeric materials, such as a photopolymer, can also be used.

[0041] In this example, two or more above-mentioned element holograms as an interference light are recorded in the minute field 12 of the sensitive material 11 corresponding to each view location, displaying the image of ***** observed from two or more views on the space light modulation

element 6 at two or more coincidence (exposure). Let biaxial [which specifies a flat surface vertical to the optical axis of the lens 10 of cutback optical system] be a x axis and the y-axis.

[0042] After ending one exposure, sensitive material 11 is moved along with a x axis or the y-axis, and the following element hologram is exposed. The movement magnitude of this element hologram is an amount which multiplied the screen product of the space light modulation element 6 by the scale factor of cutback optical system. By this, two or more element holograms in which each contains two or more parallax images will be arranged in the shape of a matrix on sensitive material 11.

[0043] If the development of the sensitive material 11 is carried out, the hologram (it considers as 11') which comes to form in two or more fields two or more element holograms of the Lippmann mold from which permeability and/or a phase change according to the reinforcement of the interference fringe irradiated in two or more minute fields 12 will be created.

[0044] The fictitious body created by an actual body or a computer graphic etc. a photograph of etc. was taken on the spot is recordable on hologram 11'.

[0045] If two methods of displaying an actual body are described, in order to observe hologram 11' from a view as 1st and to display a playback body in the inner part of hologram 11' The actuation which takes into consideration the magnitude of an actual body and a playback body, carries out scaling to the space light modulation element 6, is made to indicate by juxtaposition simultaneously, and records the image pick-up image which has arranged the image pick-up lens core in the location of an element hologram, and picturized the body on sensitive-material 11' is repeated. In order to make a playback body display as 2nd that this side of hologram 11' and hologram 11' cross a playback body, the space light modulation element 6 is made to indicate by juxtaposition simultaneously, and two or more images which rearranged the pixel of the picturized image pick-up image, and were newly created are recorded on it at sensitive-material 11'.

[0046] The actuation which make a space light modulation element 6 indicate by juxtaposition simultaneously, and records on it the image which performed hidden-surface elimination which performs transparent transformation which makes an element hologram a view after considering for an element hologram that the real image or the virtual image of a view and a space light modulation element is a screen display image and arranging a virtual body to arbitration, in order to display a virtual body, and leaves the body near an observation view actual about the overlapping body at sensitive-material 11' repeats. It is known from the former, for example, the creation approach of these various display images is indicated by JP,7-36357,A and the patent No. 3155263 official report.

[0047] (iii) As a playback light of optical-system hologram 11' for hologram playback, with a reference beam, when conjugation photoregeneration is performed to hard flow using the conjugation reference beam which carries out incidence, the playback light which illuminates hologram 11' will have the zero-order diffracted-light component which penetrates hologram 11' as it is to the Mitsuyuki line writing direction, and primary diffracted-light components reflected so that it may have the same wave front as body light.

[0048] Here, the space light modulation element 6 considers the case where it is arranged rather than the before [the lens array 7] side focal location at the lens array 7 side. That is, when distance between f_3 , the space light modulation element 6, and the lens array 7 is set to a_3 for a before [the lens array 7] side, and a backside focal distance, it is the case of $a_3 < f_3$.

[0049] In the creation time of hologram 11', in this case, the body light (space modulation element image) by which outgoing radiation was carried out from the space light modulation element 6 It is equivalent to the divergence light from the space light modulation element image (suppose that it is called a virtual image) 13 set virtually from the before [the above] side focal location in the location by the side of the light source (it supposes that this location is called a virtual-image location, and is the distance L from hologram 11' (sensitive material 11) about this location). Since two or more images are displayed on the space light modulation element 6, in proportion to the pitch of an element hologram, each image shifts and multiplex playback is carried out.

[0050] In other words, this virtual-image location L is defined the distance a_3 of the space light modulation element 6 and the lens array 7 and the distance L_3 of the anterior focal point of cutback optical system, and the lens array 7, and by setting up the die length L_3 of the batch object by the

side of the latter part of the lens array 7. In this case, the distance of hologram 11' and a view 14 is equal to the distance of hologram 11' and the virtual-image location L, or a3 and L3 are set up so that it may become short. When using a conjugation reference beam as playback illumination light, hologram 11' will reproduce the virtual image 13 of the space light modulation element 6.

[0051] Since one element hologram reproduces the virtual image of one image in two or more images displayed on the space light modulation element 6, it can be considered that the pixel which constitutes a virtual image 13 is reproduced by the flux of light from the corresponding element hologram. Moreover, the three-dimension image observed from hologram 11' will consist of these flux of lights. Therefore, the three-dimension-resolution of the three-dimension image with which the size of the flux of light is observed will be determined.

[0052] when a view is disregarded and it projects on a screen etc. by making a three-dimension image into a real image, the real image of the three-dimension image which has a virtual image 13 observed by making this three-dimension-resolution into min is made to approach -- things -- ** However, in case a direct three-dimension image is observed from a view, when distance with the arrangement with which the adjoining flux of lights carry out incidence, and they lap spatially into the pupil in a view, i.e., hologram 11', and a view is longer than the distance from hologram 11' to a virtual image 13, the resolution of the three-dimension image observed will be lowered.

[0053] Therefore, in order it is desirable for the distance of hologram 11' and a view to make it at least shorter than the distance from hologram 11' to a virtual image 13 and to be able to observe a three-dimension image by the best image quality, it is necessary to locate a virtual image 13 in the location of a view.

[0054] In addition, some explanation is given about the magnifying power M at the time of conversion by the virtual image 13 of distance L and the space light modulation element 6, and the display image of the space light modulation element 6.

[0055] f1 -- the focal distance of the cutback optical-system latter-part side lens 10, and f2 -- the focal distance of the lens array 7 and a3 are given to distance L and magnifying power M in the distance of the space light modulation element 6 and the lens array 7, and L3 is given to it for the focal distance of the cutback optical-system preceding paragraph side lens 9, and f3 by the following formulas as die length of the batch object by the side of the distance of the anterior focal point of cutback optical system, and the lens array 7, or the latter part of the lens array 7.

[0056]

[Equation 3]

$$L = (f1/f2)^2 \times \left\{ \frac{a3 \times f3}{a3 - f3} - L3 \right\}$$

[0057]

[Equation 4]

$$M = \frac{f1}{f2} \times \frac{f3}{f3 - a3}$$

[0058] Here, if the pixel pitch of the space light modulation element 6 is set to P, the resolution of the virtual image of a space light modulation element in every direction will serve as MxP, if it is made to satisfy a MxP < pupil diameter (about 3mm), the number of the beams of light which carry out incidence to a pupil turns into plurality from one element hologram, and even if lack arises in a pixel, it will not be conspicuous, and a three-dimension reconstruction image will come to change smoothly corresponding to view change.

[0059] Moreover, although the scattered light from the front face of the space light modulation element 6 sometimes appears as a noise in the background of body playback, in order that the reconstruction image of space light modulation element 6 itself may carry out image formation a view or back [view], it is observed on the three-dimension image reproduced at least or back [its], and quality of the reconstruction image is not lowered.

[0060] Furthermore, the two-dimensional image transmitted to the space light modulation element 6 is calculated from the three-dimension body as a photographic subject by the transparent transformation at the time of making a view into the location of an element hologram. That is, with the coordinate on the space light modulation element 6 (xh, yh), if a three-dimension body is

expressed by the world coordinate (xw, yw, zw) and the location of an element hologram is made into a world coordinate top (xy, 0), the location of a three-dimension body is changed, as shown in the following formulas.

[0061]

[Equation 5]

$$x_h = M \times (x_w - x) / z_w$$

[0062]

[Equation 6]

$$y_h = M \times (y_w - y) / z_w$$

[0063] If it explains in full detail, the brightness information and color information on (xw, yw, zw) will be transmitted to a coordinate (xh, yh), and the calculated two-dimensional image will be displayed on the space light modulation element 6. When two or more information overlaps the same (xh, yh) coordinate at this time, in order to arrange the virtual image 13 of the space light modulation element 6 near the observer in many cases, zw is compared and the thing near the virtual image 13 of the space light modulation element 6 is chosen.

[0064] Next, the example of the used component is shown.

[0065] $3 \times 4 = 12$ -piece one-shot exposure of the element hologram was carried out every pitch 0.66mm, and each viewing area angle (playback beam-of-light angle of divergence from an element hologram) was set as **30 degrees. the space light modulation element 6 -- manufacturer:SONY, Inc., part number:LCX023AL, pixel spacing (pitch):26micrometer, and the number of pixels -- the thing of :1024x768 was used. This space light modulation element 6 was made to indicate the image of 256x256 by $3 \times 4 = 12$ image simultaneous. The reduction percentage with lenses 9 (L2) and 10 (L1) used the afocal optical system with which are satisfied of $0.66/(26 \times 256) = 0.1$. Moreover, the focal distance f3 of the lens array 7 was set to 50mm so that the light which passes the pixel which separated 100 pixels from the optical axis might become three angles of divergence from the lens array 7 in consideration of reduction percentage 0.1.

[0066] Next, the case where the space light modulation element 6 is arranged rather than the before [the lens array 7] side focal location at the light source side is considered.

[0067] (The 2nd operation gestalt) Drawing 2 is the explanatory view of a hologram listing device. In this equipment, two or more images are displayed on the space light modulation element 6 in the shape of a matrix, and after condensing each image by the lens array which consists of two or more lenses corresponding to each image, by afocal optical system, cutback image formation is carried out, and it irradiates and records at sensitive material 11. The image of the space light modulation element 6 is real-image-ized, and a view is kept in the range from the real-image location or a real-image location to sensitive material.

[0068] This equipment is the same as that of the thing of the 1st operation gestalt, and it differs in that the space light modulation element 6 is arranged rather than the before [the lens array 7] side focal location at the laser light source 1 side. Also in this example, hologram 11' is created from sensitive material 11 in the same process as the above.

[0069] In the case of $a3 > f3$ explained by this example, in the creation time of hologram 11', the light figure by which outgoing radiation was carried out from the space light modulation element 6 Originally image formation is carried out by passage of the lens array 7 and the cutback optical system 9 and 10 on the location (it supposes that this location is called a real-image location, and suppose that this location is displayed by hologram 11' (sensitive material 11) to distance L') isolated from the lens 10 rather than the backside [a lens 10] focal location. That is, the body light by which outgoing radiation is carried out from a lens 10 is space light modulation element image (suppose that it is called real image) 13' which should carry out image formation at real-image location L'.

[0070] When it reproduces like the above-mentioned operation gestalt using the playback light which carries out incidence in the direction same as a playback light of hologram 11' as the reference beam in drawing 2 , the playback light which illuminates an element hologram will have the zero-order diffracted-light component which penetrates an element hologram as it is to the Mitsuyuki line writing direction, and primary diffracted-light components reflected so that it may have the same wave front as body light.

[0071] Since real-image 13' which should carry out image formation (condensing) is recorded on the creation time of hologram 11' by real-image location L' at each element hologram, the real image of the space light modulation element image corresponding to each element hologram is reproduced to above-mentioned real-image location L' by the exposure of playback light. Furthermore, since two or more images are displayed on the space light modulation element 6, only the pitch of an element hologram shifts and each image is reproduced by multiplex.

[0072] In other words, this real-image location L' is defined the distance a3 of the space light modulation element 6 and the lens array 7 and the distance L3 of the anterior focal point of cutback optical system, and the lens array 7, and by setting up the die length L3 of the batch object by the side of the latter part of the lens array 7. In this case, the distance of hologram 11' and a view 14 is equal to the distance of hologram 11' and real-image location L', or a3 and L3 are set up so that it may become short. When using a conjugation reference beam as playback illumination light, hologram 11' will reproduce real-image 13' of the space light modulation element 6.

[0073] Since one element hologram reproduces the real image of one image in two or more images displayed on the space light modulation element 6, it can be considered that the pixel which constitutes real-image 13' is reproduced by the flux of light from the corresponding element hologram. Moreover, the three-dimension image observed from hologram 11' will consist of these flux of lights. Therefore, the three-dimension-resolution of the three-dimension image with which the size of the flux of light is observed will be determined.

[0074] when a view is disregarded and it projects on a screen etc. by making a three-dimension image into a real image, the real image of the three-dimension image which has real-image 13' observed by making this three-dimension-resolution into min is made to approach -- things -- ** However, in case a direct three-dimension image is observed from a view, when distance with the arrangement in which the adjoining flux of lights carry out incidence into the pupil in a view and which laps in between space-time, i.e., hologram 11', and a view is longer than the distance from hologram 11' to real-image 13', the resolution of the three-dimension image observed will be lowered. Therefore, in order it is desirable for the distance of hologram 11' and a view to make it at least shorter than the distance from hologram 11' to real-image 13' and to be able to observe a three-dimension image by the best image quality, it is necessary to locate real-image 13' in the location of a view.

[0075] In addition, about distance L', a scale factor, and transparent transformation, L of the above-mentioned (3) - (6) type is replaced by L', and it is given.

[0076] In addition, the above-mentioned space light modulation element 6 is deleted as another operation gestalt, and the listing device of the hologram which projects the image of a new space light modulation element does not change to said diffusion plate 5 in effectiveness, either. That is, the above-mentioned space light modulation element image may be projected on a diffusing screen, and this diffusing screen may be arranged in the above-mentioned 1st or 2nd operation gestalt in the same location as the space light modulation element 6 of a publication.

[0077] Next, a space light modulation element is illuminated by the diffusing-surface light source, equalization of optical distribution of an element hologram and the variability of magnitude are raised, the image of a space light modulation element is virtual-image-ized, and a view explains the example put on the range from the virtual-image location or a virtual-image location to sensitive material.

[0078] (The 3rd operation gestalt) Drawing 3 is the explanatory view of the hologram listing device equipped with the optical system which illuminates a space light modulation element according to the diffusing-surface light source. The point of difference between this operation gestalt and the 1st operation gestalt is having carried out multiplex image formation of the diffusing-surface light source 17 on the before [a lens 9] side focal plane 8 by the lens 4 arranged at the tandem, and the lens array 7, after making the diffusing-surface light source 17 which deletes the diffusion plate 5 and expands the beam from a laser light source 1 with a lens 3, and irradiated the diffusion plate 5 and it was made to generate the new light source. About other optical arrangement, it is the same as that of the 1st operation gestalt.

[0079] The optical system to which image formation of introduction and the diffusing-surface light source was carried out by the afocal optical system which corresponds when tandem lens optical

system is special is explained.

[0080] The diffusing-surface light source 17 is arranged in a before [a lens 4] side focal plane, and the backside [a lens 4] focal plane is in agreement with a before [the lens array 7] side focal plane. In this case, image formation of the diffusing-surface light source 17 is carried out to the before [a lens 9] side focal plane 8, and that magnitude will become what multiplied by Ms given by the following formulas, if the focal distance f4 of a lens 4, the focal distance f3 of the lens array 7, and a light source image formation scale factor are set to Ms.

[0081]

[Equation 7]

$$M_s = f_3 / f_4$$

[0082] Therefore, the magnitude of condensing distribution of each image in the before [a lens 9] side focal plane 8 can be changed by (the formula 7). Here, the magnitude of condensing distribution of said each image is carrying out more than one magnitude of two or more images displayed on the space light modulation element 6 at least, and a clearance does not generate it in the element hologram 11. for this reason -- being alike -- it can set up by changing the magnitude of the diffusing-surface light source 17, or enlarging the focal distance of a lens 4.

[0083] Next, in the case of a general tandem lens system, the following relation will be materialized if distance to a backside [the 2nd lens to d and a synthetic lens] focus is set [f] to S2 for the synthetic focal distance of two lenses, and the distance of two lenses.

[0084]

[Equation 8]

$$f = f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2 - d)$$

[0085]

[Equation 9]

$$d = f_2 \times (f_1 - d) / (f_1 + f_2 - d)$$

[0086] The image formation location and its image formation scale factor of the diffusing-surface light source are called for from these formulas. Since the flux of light irradiated by the space light modulation element 6 here is the diffused light, the spot pattern called a speckle will be overlapped on the field of the space light modulation element 6. If a spot pattern is overlapped also on the virtual image 13 of the space light modulation element 6 which will be reproduced from an element hologram if the pitch diameter of this speckle is larger than the modulation element (pixel) spacing P of the space light modulation element 6 and there is that magnitude above a pupil diameter, it sees from a view 14, and an element hologram cannot be easily seen and can become. Therefore, it is necessary to make possible the finest the diameter of a speckle on the space light modulation element 6.

[0087] If the speckle pitch diameter delta considers that the field 19 stretched from the endpoint of the space light modulation element 6 of die-length SLM_D to the effective aperture DS of a lens 4 is the 2nd diffusing-surface light source and spacing of a lens 4 and the space light modulation element 6 is set to LS as shown in drawing 4, it will be given by the following formulas.

[0088]

[Equation 10]

$$\delta = 1.2 \times \lambda \times LS / (DS - SLM_D) < P$$

[0089] If a numerical example is shown, in the case of LS=10cm and lambda= 0.6 micrometers, it will be set to DS>29.4mm to P>delta =26micrometer. However, if it sets up so that the single figure speckle pitch diameter delta may become small, it will be set to DS>54.3mm to delta= 2.6 micrometers.

[0090] Or when interference of the two flux of lights which have the modulation element spacing (pixel spacing) P of the space light modulation element 6 is considered from the view of interference, the incident angle theta to the space light modulation element 6, i.e., the angle of divergence of the incident light seen from 1 pixel side, (half-width value) is approximated by the following formulas.

[0091]

$$[\text{Equation 11}] \quad \theta = \sin^{-1} (\lambda / P)$$

[0092] If an example of this value is shown, it will become theta= 1.32 degrees to P= 26 micrometers and lambda= 0.6 micrometers. tantheta is given by the following formulas.

[0093]

$$[\text{Equation 12}] \quad \tan \theta = ((D_S - SLM_D) / 2) / LS$$

[0094] DS which fills these two formulas (a formula 11, formula 12) is DS-31.1mm, and is smaller than the value with which delta is filled. Therefore, also at the lowest, it is required to prepare the include angle theta of (a formula 11) and the 2nd diffusing-surface light source 19 which stretches the include angle beyond it desirably. For that, it is required to carry out aperture of a lens 4 to more than DS, and to carry out incidence of the diffused light into this aperture further.

[0095] For this reason, it corresponds by expanding a laser beam and controlling that angle of divergence by drawing 3 with a lens 3. The focal distance of a lens 3 is specifically shortened and the 2nd diffusing-surface light source more than DS is generated.

[0096] the diameter of the diffusing-surface light source 17 -- the F value of 1.5cm and a lens 4 -- 50mm was created for F1.2 and a focal distance f, and the hologram was created [effective aperture / spacing of 35.7mm, a lens 4, and the space light modulation element 6] for 6mm and the speckle pitch diameter delta by 0.5 micrometers. It seems that it becomes impossible to have observed the element hologram when a view is kept in the reconstruction image of the space light modulation element 6 and an element hologram is observed from an element hologram.

[0097] Namely, the aperture DS of the convex lens 4 near [when wavelength of the diffused light which generates lambda from the diffusing-surface light source, and P are made into spacing between the modulation elements of a space light modulation element in this example] the diffusing-surface light source 17 of a tandem lens system In the relation of the distance LS of a convex lens 4 and the space light modulation element 6, in the location of the arbitration of the space light modulation element 6, the spacing LS of the aperture DS of a convex lens, convex lens DS, and the space light modulation element 6 is set up so that more than the include angle of theta [at least / (formula 11)] may be held. In this case, since spacing of the interference fringe by the diffusing-surface light source 17 generated on the space light modulation element 6 becomes smaller than modulation element spacing of the abbreviation space light modulation element 6, the effectiveness that the probability for which light is not irradiated by the pixel of the image displayed on the space light modulation element 6 but which serves as a defect pixel becomes low occurs.

[0098] The area of the diffusing-surface light source 17 is an area which is sufficient only by carrying out incidence of the diffused light to all in the aperture of a convex lens 4, and spacing of the interference fringe by the diffusing-surface light source generated on the space light modulation element 6 becomes smaller than modulation element spacing of the abbreviation space light modulation element 6.

[0099] In order that the reconstruction image of space light modulation element 6 itself may carry out image formation a view or back [view], it is observed on the three-dimension image reproduced at least or back [its], and quality of the reconstruction image is not lowered.

[0100] Next, a space light modulation element is illuminated by the diffusing-surface light source, equalization of optical distribution of an element hologram and the variability of magnitude are raised, the image of a space light modulation element is real-image-ized, and a view explains the example put on the range from the real-image location or a real-image location to sensitive material.

[0101] (The 4th operation gestalt) Drawing 5 is the explanatory view of the hologram listing device equipped with the optical system which illuminates a space light modulation element according to the diffusing-surface light source. The point of difference with the 2nd operation gestalt of this operation gestalt is a point which carried out image formation on the before [a lens 9] side focal plane 8 by the lens 4 which deleted the diffusion plate 5, expanded the beam from a laser light source 1 with the lens 3, irradiated the diffusion plate 5, and has been arranged the back at the tandem by making the diffusing-surface light source 17 into the new light source, and the lens array 7.

[0102] About other optical arrangement, it is the same as that of the 2nd operation gestalt. In an

afocal lens system, - (formula 3) (formula 6) and the light source image formation scale factor of the location of distance L' , magnifying power M , and a three-dimension body are the same as that of (a formula 7). Moreover, in a general tandem lens system, the same is said of asking for the image formation location and scale factor of the diffusing-surface light source from reaching (formula 9) (formula 8). Furthermore, a laser beam is expanded and the angle of divergence is controlled by the lens 3.

[0103] As mentioned above, as explained, according to the hologram creation approach of the 1st thru/or the 4th operation gestalt Two or more images displayed on the space light modulation element 6 or a diffusing screen (not shown) are made into body light. The cutback optical system 9 and 10 which reduces the body light by which outgoing radiation was carried out from the lens array 7 and the lens array 7 which consist of two or more lenses arranged corresponding to each image contained in this body light is minded. Body light is irradiated on a recording surface 11 with a reference beam, and the batch object 15 which isolates said each image of each other between the space light modulation element 6 and the lens array 7 at least is established in the hologram creation approach which records the interference light of body light and a reference beam on this recording surface 11. The interference light of body light and a reference beam is simultaneously recorded on a recording surface 11.

[0104] Moreover, spacing with the lens array which consists of the screen of two or more of said images and two or more lenses, and spacing of said lens array and said cutback optical system are set up so that two or more of said real images or virtual-image locations of the screen of an image by said lens array and said cutback optical system may separate from said hologram in accordance with the observation location of said hologram.

[0105] Since according to this creation approach the batch object 15 is established between the space light modulation element and the lens array so that the condensing image of a lens array may not lap with each other, and it prevents the light which records the element hologram which adjoins the field to which a specific element hologram should be recorded mixing, it is tidily [without a clearance] recordable.

[0106] This is [0107] which can raise the spatial resolving power of the three-dimension image reconstruction image observed since it can prevent becoming a size beyond the need from an element hologram about the size of the flux of light which reproduces the pixel of a space light modulation element. According to the hologram creation approach of the 1st thru/or the 4th operation gestalt, the source of the diffused light is established in the preceding paragraph side of the space light modulation element 6. Since the diffused light is irradiated by the space light modulation element 6, the illuminance on the space light modulation element 6 serves as homogeneity. Moreover, the magnitude of each condensing image of the lens array 7 turns into more than the magnitude of each of two or more images displayed on the space light modulation element 6 for the diffused light.

[0108] The diffusion plate 6 formed between a laser light source 1, this laser light source 1, and the space light modulation element 6 can constitute this source of the diffused light. Incidence of the outgoing radiation light of the diffusion plate 5 may be directly carried out to the space light modulation element 6. In this case, it is effective in a very easy and cheap diffused-light generating means being realizable. Moreover, this source of the diffused light is equipped with the magnifying lens 3 which expands the beam diameter of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the laser light source 1, and irradiates the diffusion plate 5, and the collimate lens 4 which carries out parallel Guanghua of the diffused light diverging from the diffusion plate 5, and irradiates the space light modulation element 6 as shown in the 3rd and 4th operation gestalt.

[0109] In this case, unlike the afocal lens system of arranging a before [a space light modulation element and the 2nd convex lens] side focal plane to a backside [the 1st convex lens] focal plane, a degree of freedom occurs in arrangement of the space light modulation element 6 and two convex lenses 3 and 4. Therefore, the degree of freedom to the image formation location and image formation scale factor of the diffusing-surface light source 17 is also generated.

[0110] The playback distance to the real image 13 of the space light modulation element reproduced by hologram 11' L The observation distance to hologram 11' and the observation location 14 L_e , The distance a_3 of the space light modulation element 6 and the lens array 7, and the distance L_3 of the

anterior focal point of cutback optical system, and the lens array 7 -- in other words the die length L3 of the batch object by the side of the latter part of the lens array 7, the focal distance f1 of the cutback optical-system latter-part side lens 10, the focal distance f2 of the cutback optical-system preceding paragraph side lens 9, and the focal distance f3 of the lens array 7 a3 and L3 are set up so that the relation of the used formula (13) may be filled.

[0111]

[Equation 13]

$$Le \leq L = (f1/f2)^2 \times \left\{ \frac{a3 \times f3}{a3 - f3} - L3 \right\}$$

[0112] The magnitude of the image of a space light modulation element and the magnitude of the pixel reproduced are also determined by setting up the magnitude of L, and the size of the flux of light which connects a pixel to an element hologram is also determined. Therefore, the effectiveness that the spatial resolving power of the three-dimension image reproduced can be determined occurs. In filling said greater than sign, the arrangement with which the adjoining flux of lights produced when the distance of hologram 11' and a view is longer than the distance from hologram 11' to a virtual image 13 carry out incidence, and they lap spatially into the pupil in a view can be avoided, and the effectiveness that the quality of the three-dimension image observed can be raised occurs. And in the case of an equal sign, the effectiveness that a three-dimension image is observable by the best image quality occurs.

[0113] Even if a noise exists in the reconstruction image of space light modulation element 6 itself or a noise exists in the reconstruction image of the projection image of the space light modulation element 6, in order for the noise itself to carry out image formation a view or back [view], it does not become the situation of a noise being observed on the three-dimension image reproduced at least or back [its], therefore lowering the quality of a reconstruction image.

[0114]

[Effect of the Invention] According to the hologram creation approach of this invention, the magnitude of an element hologram is tidily [without a clearance] recordable in moderate magnitude. It prevents that the size of the flux of light which reproduces the pixel of a space light modulation element turns into a size beyond the need from an element hologram by that cause, And since the size of the flux of light which reproduces the pixel of a space light modulation element from an element hologram can be set up by setting up spacing of a lens array and a space light modulation element, and spacing of a lens array and cutback optical system, the three-dimension image reconstruction image observed is spatial -- the effectiveness of raising resolution occurs.

About the location of the space light modulation element furthermore reproduced, distance with the arrangement with which the adjoining flux of lights carry out incidence, and they do not lap spatially into the pupil in a view, i.e., a hologram, and a view is more nearly equal than the distance from a hologram to the reconstruction image of a space light modulation element, or the effectiveness of raising the quality of the three-dimension image reconstruction image observed since it can set up with a short distance occurs. Simultaneously, in order to carry out image formation of the scattered light generated from the space light modulation element which must have been expected a view or back [view], it is observed on the three-dimension image reproduced at least or back [its], and also generates the effectiveness of not lowering quality of the reconstruction image.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the explanatory view of the hologram listing device concerning the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the hologram listing device concerning the 2nd operation gestalt.

[Drawing 3] It is the explanatory view of the hologram listing device concerning the 3rd operation gestalt.

[Drawing 4] It is drawing showing the relation between the space light modulation element 6 and a lens 4.

[Drawing 5] It is the explanatory view of the hologram listing device concerning the 4th operation gestalt.

[Drawing 6] It is the block diagram of the conventional planar hologram listing device.

[Description of Notations]

1 -- A laser light source, 2 -- 3 A half mirror, 4 -- Beam expander, 5 [-- Before side focal plane,] -- A diffusion plate, 6 -- A space light modulation element, 7 -- A lens array, 8 9 Ten -- Cutback optical system 11 -- Sensitive material (recording surface), 11' -- Hologram, 13' [-- A batch object, 17 / -- 20 The diffusing-surface light source, 27 / -- 21 A plane mirror group, 23 / -- A beam expander, 22 / -- A spatial filter, 24 / -- 25 A mask, 26 / -- Afocal lens optical system.] -- A real image, 13 -- A virtual image, 14 -- An observation view, 15

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

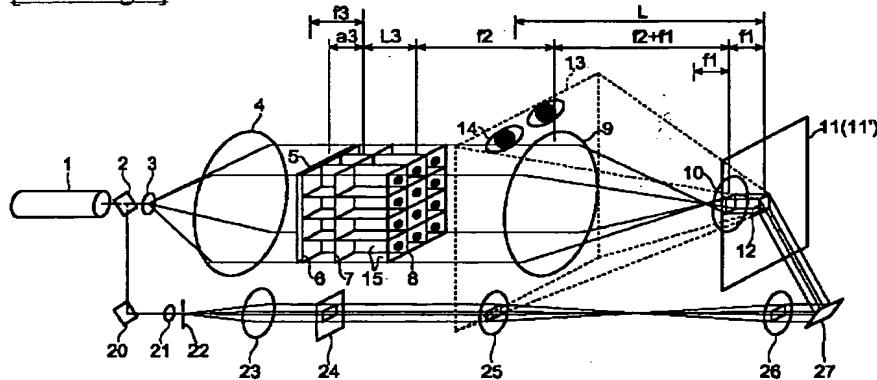
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

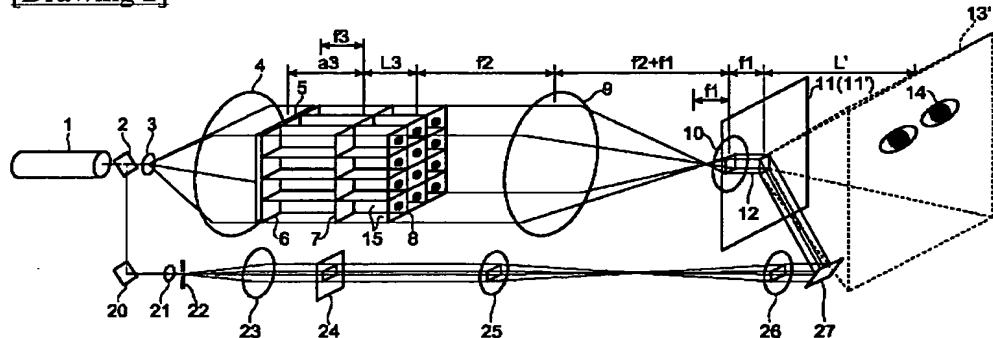
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

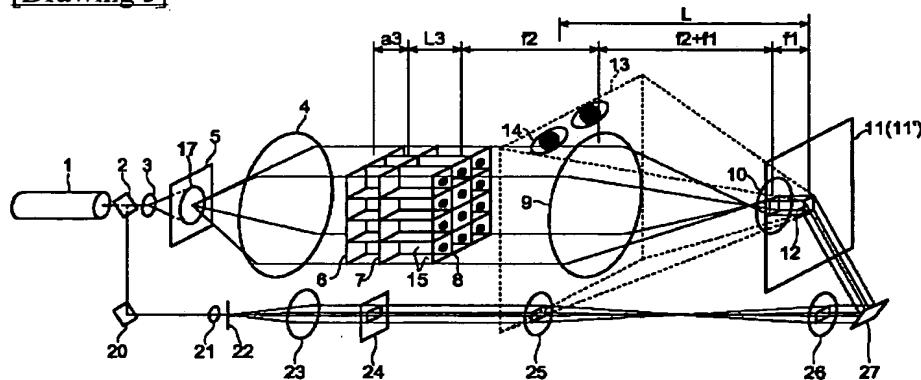
[Drawing 1]



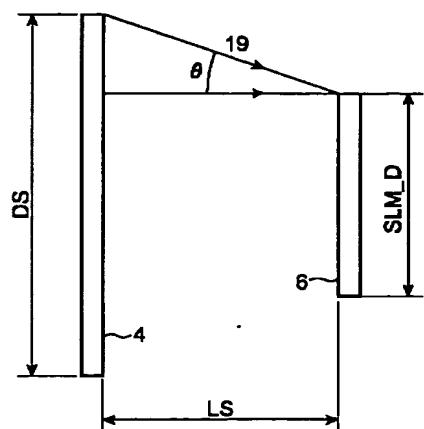
[Drawing 2]



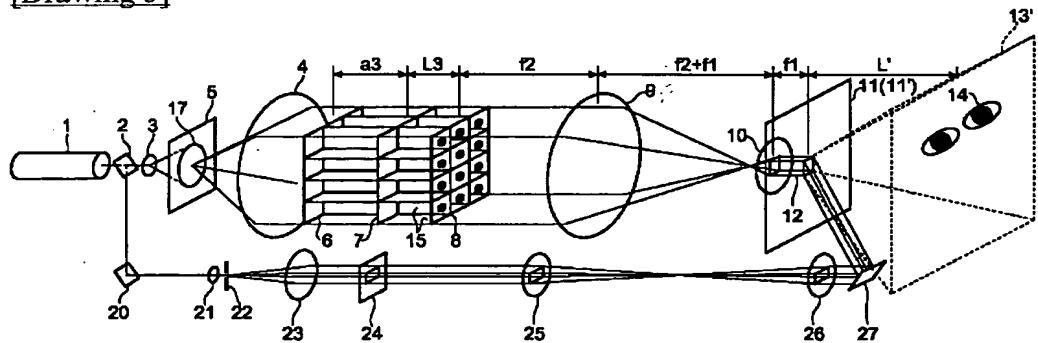
[Drawing 3]



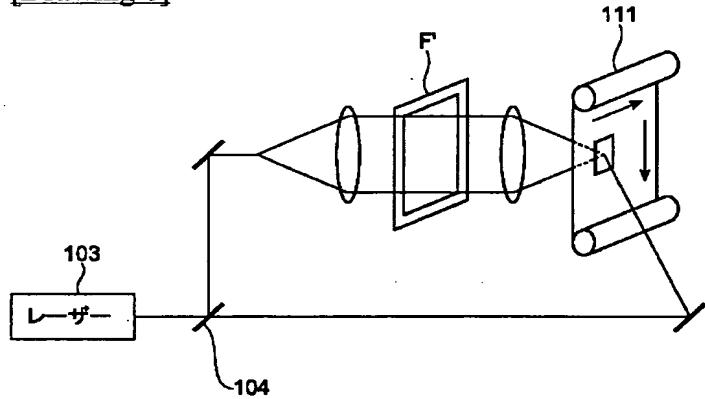
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-167500

(P2003-167500A)

(43)公開日 平成15年6月13日 (2003.6.13)

(51)Int.Cl.
G 0 3 H 1/26
G 0 2 F 1/13
1/1335

識別記号
5 0 5

F I
G 0 3 H 1/26
G 0 2 F 1/13
1/1335

テマコード(参考)
2 H 0 8 8
2 H 0 9 1
2 K 0 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-367378(P2001-367378)

(22)出願日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(71)出願人 598096337
有限会社アートナウ
青森県むつ市中央2丁目24-2
(71)出願人 000236436
浜松ホトニクス株式会社
静岡県浜松市市野町1126番地の1
(72)発明者 竹森 民樹
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ
トニクス株式会社内
(74)代理人 100088155
弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

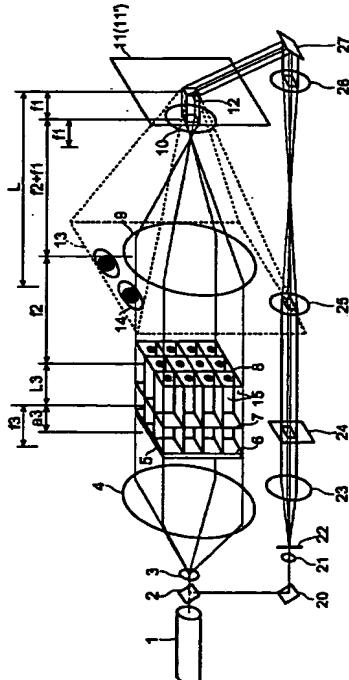
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホログラム作成方法

(57)【要約】

【課題】 再生画像において観察されるノイズを低減可能なホログラム作成方法を提供する。

【解決手段】 このホログラム作成方法においては、空間光変調素子6に表示される複数の画像を物体光とし、物体光に含まれる個々の画像に対応して配置される複数のレンズからなるレンズアレイ7及びレンズアレイ7から出射された物体光を縮小する縮小光学系9, 10を介して、物体光を参照光と共に記録面11上に照射し、この記録面11に物体光と前記参照光との干渉光を記録する。空間光変調素子6とレンズアレイ7との間に個々の画像を互いに隔離する仕切体15が設けられており、これにより、ノイズが低減される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空間光変調素子又は拡散スクリーンに表示される複数の画像を物体光とし、該物体光に含まれる個々の画像に対応して配置される複数のレンズからなるレンズアレイ及び前記レンズアレイから出射された物体光を縮小する縮小光学系を介して、前記物体光を参照光と共に記録面上に照射し、この記録面上に前記物体光と前記参照光との干渉光を記録するホログラム作成方法において、少なくとも前記空間光変調素子と前記レンズアレイとの間に個々の前記画像を互いに隔離する仕切体が設けられていることを特徴とするホログラム作成方法。

【請求項2】 前記空間光変調素子の前段側に拡散光源が設けられていることを特徴とする請求項1に記載のホログラム作成方法。

【請求項3】 前記拡散光源は、レーザ光源と、このレーザ光源及び前記空間光変調素子間に設けられた拡散板とを備えることを特徴とする請求項1に記載のホログラム作成方法。

【請求項4】 前記拡散光源は、前記レーザ光源から出射されたレーザ光のビーム径を拡大して前記拡散板に照射する拡大レンズと、前記拡散板から発散する拡散光を平行光化して前記空間光変調素子に照射するコリメートレンズとを備えることを特徴とする請求項3に記載のホログラム作成方法。

【請求項5】 前記拡散板から出射される光束の波長を λ 、前記コリメートレンズの口径を D_S 、前記コリメートレンズと前記空間光変調素子との間の距離を L_S 、前記コリメートレンズの光軸と、このコリメートレンズの径方向端部と前記空間光変調素子の端部を結ぶ線分との成す角度を θ 、前記空間光変調素子に表示される画素間隔を P とした場合、 θ が $s \in n^{-1} (\lambda / P)$ 以上になるように、 D_S 及び L_S が設定されることを特徴とする請求項4に記載のホログラム作成方法。

【請求項6】 前記複数の画像の表示面と複数のレンズからなるレンズアレイとの間隔および前記レンズアレイと前記縮小光学系の間隔は、前記レンズアレイおよび前記縮小光学系による前記表示面の実像又は虚像位置が前記ホログラムの観察位置と一致するか、もしくは前記ホログラムから離れるように設定されることを特徴とする請求項1に記載のホログラム作成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ホログラム作成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 縦横に視差を有する一段階(one-step)方式のリップマン型ホログラムの作成例が特開平3-249686号公報に記載されている。

【0003】 図6は、同公報に記載された二次元ホログラム作成装置の構成図である。このホログラム作成装置

では、レーザ光源103から出力されたレーザ光は、ビームスプリッタ104により2つに分岐され、分岐したレーザ光の一方は、レンズ系により光束径を拡げられ、透過型液晶表示器等の空間光変調素子F'に入射し、コンピュータにて作成された各視点からの画像を表示する空間光変調素子F'の個々の画素で振幅変調を受けた後、レンズにより感光材料111の背後から入射した参照光と干渉し、感光材料111上に要素ホログラムが形成される。

【0004】 このようにして、0.3mm~0.5mmの間隔で、ドット状要素ホログラムが感光材料111上にマトリックス状に配置され、リップマン型ホログラムが作成される。また、再生時には、上記参照光の入射方向と同じ方向から、光束径が大きい平行光でホログラムを照射することにより、ホログラム111上の各要素ホログラムから再生波が発生して物体像が再生される。

【0005】 しかしながら、一度に記録させる要素ホログラムの数は1個に限定されるため、全ての要素ホログラムを記録するためには膨大な記録時間を必要とする欠点があった。そこで、この欠点を解決する従来例について説明する。

【0006】 (従来例1) 特開2001-183962号公報は、縮小光学系を省いて一度に多数の要素ホログラムを記録するホログラム作成方法を開示している。同公報に記載の作成方法では、液晶パネルに視点を変えた 3×4 個の画像を表示し、この液晶パネルを通過したレーザ光に変調を与える。液晶パネルの画像情報を含むレーザ光は 3×4 個の凸レンズによるレンズアレイを通過する。凸レンズアレイの後側焦点面に要素ホログラムの大きさを決定するマスクと感光材料を配置し、間隔が表示画像の間隔に等しく、大きさがマスクの開口に等しい要素ホログラムを一度に12個記録することができる。この方法では、感光材料全面に記録するためにマスク開口の大きさだけ感光材料をずらして次の露光を行っている。

【0007】 (従来例2) 「M. Yamaguchi, H. Endoh, T. Koyama, N. Ohya, "High-speed recording of full-parallax holographic stereograms by a parallel exposure system" (Opt. Eng. 35(6) 1556-1559 (June 1 1996)」は、12個の要素ホログラムを一度に記録するホログラム作成方法を開示している。この文献においては、液晶パネルに視点を変えた 3×4 個の画像を表示し、この液晶パネルを通過したレーザ光に変調を与える。液晶パネルの画像情報を含むレーザ光が 3×4 個の凹レンズによるレンズアレイを通過する。それぞれの凹レンズを通過した光は2つの凸レンズが組み合わされたアフォーカル縮小光学系によって感光材料上に縮小投影される。ここで、凹レンズの前側焦点位置と感光材料面とは縮小光学系の結像関係を構成している。この作成方法では、感光材料全面に記録するために要素ホログラム

3
の3倍或いは4倍の距離だけ感光材料をずらして次の露光を行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】微小な要素ホログラムを縦横に沿って記録したステレオグラムは、縦視差と横視差を有し、且つホログラムと観察点の距離を変えて縦倍率と横倍率が一致し、再生像に歪を生じないという優れた特徴を有するが、記録する要素ホログラムの数が膨大となるため、多大の作成時間を要するという欠点を有する。

【0009】記録時間の短縮のために考えられる手段として、同時に複数の要素ホログラムを記録することが有効であるが、その実現手段として、以下の方法が挙げられる。

(a) お互いに非干渉である複数の光源と、それぞれに対応する複数の空間光変調素子を並列に配置し、複数の要素ホログラムを同時に記録する方法。

(b) 光源、空間光変調素子共に一個であるが、空間光変調素子に複数の画像を表示させ、それぞれの画像に対し複数の集光レンズを用いて複数の集光点を発生させ、これらの集光点で要素ホログラムを記録する方法。

(c) 上記(b)の方法の集光点面を更に縮小して複数の要素ホログラムを高密度で配列する方法。

(d) 上記(b)及び(c)の方法を、それぞれ複数同時に用いる方法。

【0010】従来例1は、上記(b)の方法であるが、一本のレーザビームを広げ、物体光や参照光に用いることから、各画像を照明する光や、要素ホログラムを記録する複数の参照光の光強度を同一にするために、中心から周辺に従って透過率が上昇するアンチ・ガウシアン・フィルタを用いることから、また、各要素ホログラムを記録する参照光の入射角度を厳密に同一にするため、角度調整の光学系を必要とし、高コストで複雑であるという欠点がある。

【0011】従来例2は(c)の方法であるが、文献1に開示の写真を観察すると、鮮明な再生像は得られていない。この理由として、主に実験精度上の原因が記述されている。(1)レンズアレイの配列精度が低く、

(2)レンズアレイのそれぞれのレンズの傾きによる収差が大きく、(3)縮小光学系の収差により期待された再生光線角度や広がり角とならなかった等である。しかしながら、これには原理的な問題が内在する。

【0012】第1に、要素ホログラムに記録されるものは、凹レンズの前側焦点に位置する光源の縮小像と画像のスペクトルの疊み込み積分像であるが、この積分像の大きさは要素ホログラムの間隔に比較して微小なものとなる。従って、感光材料のダイナミックレンジを考慮して適正露光を行った場合、隙間が存在し、再生像の画質を劣化させる原因となる。

【0013】特開平6-266274号公報は、この隙

間を防ぐため、画素毎に位相を進めたり遅らせたりする位相板を挿入する手法を開示している。各位相変更要素はランダムに配置されている。要素ホログラムの大きさ全てに光を分布させるためには、予め縮小光学系の入力面で隙間のない光分布を形成させておかなくてはならない。

【0014】しかしながら、画素毎に4値程度の位相を変調する上述の手法では、その集光点の光分布の大きさDは、画素ピッチをP、凹レンズの焦点距離をf3、波長をλとするとき、以下の(式1)で与えられる。

【0015】

【数1】

$$D = \lambda \times f^3 / P$$

【0016】文献1の例に適合させると、 $D = 0.6328 (\mu\text{m}) \times 0.3 (\text{m}) / 93.75 (\mu\text{m}) = 2.0 \text{ mm}$ であり、これは必要な画面サイズ(6mm)よりも小さく、縮小光学系で結像された要素ホログラムの大きさは0.1 (mm)となり、画素間に隙間が必然的に発生し、再生像の画質を悪化させることになる。

【0017】第2に、それぞれの要素ホログラムの再生する液晶パネルの表示画像の位置が、要素ホログラムに近接しているため、再生光線の広がりが大きくなり再生像が劣化している。それぞれの要素ホログラムが再生する液晶パネルの表示画像の位置は、縮小光学系を構成する後段側レンズL1の焦点距離をf1、出力像位置をb1、縮小光学系を構成する前段側レンズL2の焦点距離をf2、入力像位置をa2とすると、以下の(式2)で示される。

【0018】

【数2】

$$b1 = f1 \times (1 + \frac{f1}{f2 - b2}) = f1 + \left(\frac{f1}{f2} \right)^2 \times (f2 - a2)$$

【0019】ここで、a2はレンズL2から高次回折像が除去された液晶パネルの結像位置までの距離である。文献1では、それぞれの値が明示されていないので断定は出来ないが、 $f1/f2 = 1/20$ であり、 $a2 = 0$ としても $b1 \leq f1 + f2/400$ であるから、レンズL1の後側焦点より $f2/400$ だけ離れた位置に液晶パネルの像が結像することになる。

【0020】例えば $f2 = 500 (\text{mm})$ 、 $f1 = 25 (\text{mm})$ と仮定すると、要素ホログラムより数mm程度離れた位置に液晶パネルが $1/20$ の大きさで再生されることになる。

【0021】要素ホログラムから発生する光線について考えると、要素ホログラムから隣接する再生ピクセルの光線間隔角度は、要素ホログラムの大きさを0、液晶パネルのピクセルの大きさを $93.75 (\mu\text{m}) / 20 = 4.69 (\mu\text{m})$ 、要素ホログラムと再生ピクセルの間隔を $1.25 (\text{mm})$ とすると、光線間隔角度は 0.2

1度となる。

【0022】しかしながら、要素ホログラムの大きさが0.1 (mm)と仮定すると要素ホログラムから一つの再生ピクセルを通過する発散角度は4.58度となる。したがって、この場合、異なる角度から観察されるべき立体像の観察角度が少なくなる結果を招くと共に、観察視点には複数のピクセルを通過した光線が重なって入射するため様々な角度から観察されるべき立体像の光線が同時に観察され、再生像はボケることとなる。

【0023】本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、再生画像において観察されるノイズを低減可能なホログラム作成方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明のホログラム作成方法によれば、空間光変調素子又は拡散スクリーンに表示される複数の画像を物体光とし、該物体光に含まれる個々の画像に対応して配置される複数のレンズからなるレンズアレイ及び前記レンズアレイから出射された物体光を縮小する縮小光学系を介して、前記物体光を参照光と共に記録面上に照射し、この記録面上に前記物体光と前記参照光との干渉光を記録するホログラム作成方法において、少なくとも前記空間光変調素子と前記レンズアレイとの間に個々の前記画像を互いに隔離する仕切体が設けられていることを特徴とする。

【0025】また、前記複数の画像の表示面と複数のレンズからなるレンズアレイとの間隔および前記レンズアレイと前記縮小光学系の間隔は、前記レンズアレイおよび前記縮小光学系による前記複数の画像の表示面の実像又は虚像位置が前記ホログラムの観察位置と一致するか、もしくは前記ホログラムから離れるように設定されることを特徴とする。

【0026】本作成方法によれば、空間光変調素子を通過した物体光は拡散照明光を変調したものであるため、レンズアレイの個々の集光像の大きさは、空間光変調素子に表示される複数画像の個々の大きさ以上で照度がほぼ均一となる。このため要素ホログラム間に隙間が生じることを防ぐことになる。またレンズアレイの集光像がお互いに重ならないように仕切体が設けられているため、特定の要素ホログラムが記録されるべき領域に隣接する要素ホログラムを記録する光が混入することを防ぐことから要素ホログラムの大きさを適度の大きさで隙間無く整然と記録出来る。

【0027】この要素ホログラムの大きさを設定出来ることは、要素ホログラムから空間光変調素子の画素を再生する光束の太さが必要以上の太さになることを防止し、よって観察される3次元像再生像の空間的分解能を向上させることが出来る。

【0028】さらにレンズアレイと空間光変調素子との間隔およびレンズアレイと縮小光学系との間隔を設定す

ることで再生される空間光変調素子の大きさや位置を決定し、要素ホログラムから空間光変調素子の画素を再生する光束の太さを設定出来るため、観察される3次元像再生像の空間的分解能を向上させることが出来る。さらに再生される空間光変調素子の位置に関して、隣接する光束同士が視点における瞳の中に入射し空間的に重ならない配置、すなわちホログラムと視点との距離がホログラムから空間光変調素子の再生像までの距離より等しいか短い距離と設定することが出来るため観察される3次元像再生像の品質を向上させることが出来る。と同時に予期し得ない空間光変調素子上から発生する散乱光は、視点もしくは視点背後に結像するため少なくとも再生される3次元像上またはその背後に観察されその再生像の品質を落とすことはない。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態に係るホログラム作成方法について説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

【0030】(第1実施形態) 図1はホログラム作成装置の説明図である。この装置においては、空間光変調素子6に複数の画像をマトリックス状に表示し、それぞれの画像を個々の画像に対応する複数のレンズからなるレンズアレイで集光した後、アフォーカル光学系で縮小結像させて、感光材料11に照射・記録する。空間光変調素子6の像が虚像化され、視点はその虚像位置、もしくは虚像位置から感光材料までの範囲に置かれる。

【0031】この装置は、単一波長のレーザビームを出射するレーザ光源1と、レーザ光源1から出射されたレーザビームを分岐するハーフミラー2を備えている。ハーフミラー2によって分岐されたレーザビームは、それぞれ(i) 物体光照射用光学系と、(ii) 参照光照射用光学系を通過して、感光材料11の表面(前面とする)及び裏面上にそれぞれ照射され、これらの干渉光によってホログラムが作成される。作成されたホログラムは、(iii) ホログラム再生用光学系によって再生される。以下、詳説する。

【0032】(i) 物体光照射用光学系
物体光照射用光学系は、ハーフミラー2の通過光が主光線として入射するように配置されたレンズ3、4からなるビームエキスパンダと、このビームエキスパンダ3、4によって光束径が拡大された平面波が照射される拡散板5と、拡散板5の直後に配置された空間光変調素子6と、空間光変調素子6を通過した光(空間光変調素子像)が入射する集光レンズアレイ7と、空間光変調素子像を構成する複数の画像がお互いに干渉しないように配置された遮光板(仕切体)15とを備えている。仕切体15は、少なくとも空間光変調素子6とレンズアレイ7による集光像の間の当該集光像がお互いに重ならないように設けられる。

【0033】集光レンズアレイ7から出射された物体光

(複数の画像)は、レンズ9, 10からなる縮小光学系の前側焦点面8において略一様な光強度で拡散され、縮小光学系で縮小された後、感光材料11の前面に入射する。

【0034】この縮小光学系はアフォーカル光学系であり、レンズ9の前側焦点面8の入力画像をレンズ10の後側焦点面に縮小結像させる。但し、図1では理解の容易のため、周囲の仕切体を外して図示している。

【0035】空間光変調素子6は、電気アドレス型の空間光変調器であり、液晶ディスプレイ等から構成され、入射する平面波の光の強度(振幅)を画素毎に変調して透過させる。空間光変調素子6の表示画像、すなわち、空間光変調素子6からの出力光像は、各画素の透過率を変化させることによって変化させることができる。本例で使用した液晶ディスプレイは 1024×768 画素のものであり、この全表示領域に 256×256 画素の画像を12個(横3列×縦4行)表示させることができる。

【0036】理解を容易にするため、レンズアレイ7のそれぞれのレンズの光軸と、レンズ9の前側焦点面8と交差した12個の点を、12個の画像として図示すると、アフォーカルレンズ光学系からなる縮小光学系(レンズ9, 10)を介して、感光範囲13を通過する光束の大部分が、12個の縮小画像として感光材料11上に結像し、12個の要素ホログラムとなる。

【0037】(i) 参照光照射用光学系

参照光照射用光学系は、上記ハーフミラー2による反射光を更に反射させて感光材料11の裏面側に導く平面反射鏡群20, 27を備えており、感光材料11の裏面は参照光の入射方向に対して傾いている。レーザ光源1から出射された参照光は、ビームエキスパンダ(アフォーカルレンズ光学系)21, 23によって、物体光と同様にビーム径を広げて平行光化される。ビームエキスパンダ21, 23内の絞り位置にはアーチャとしての空間フィルタ22が配置されており、これらによって波面の整形化が成される。

【0038】ビーム径が広げられた参照光は、矩形開口を有するマスク24を通過した後、アフォーカルレンズ光学系25, 26を通過して感光材料11上に結像される。マスク24の開口の面積は、参照光が物体光と同じ面積で感光材料11上に照射されるように設定される。

【0039】感光材料11の前面は、縮小光学系を構成するレンズ10の光軸に垂直であり、レンズ10への入射光の主光線(物体光)は感光材料11に垂直に入射している。感光材料11の前面側からは物体光が垂直に、裏面側からは参照光が傾斜して感光材料11の同一領域に入射する。これらの物体光及び参照光の入射によって、感光材料11の微小領域12内には、所謂リップマン型の要素ホログラムが複数露光される。微小領域12内には、12個の要素ホログラムが含まれる。

【0040】感光材料11は、銀塩乳剤を透明ガラス板上に塗布してなり、乳剤としては、他にも重クロム酸ゼラチン等のホログラム用感材を用いることができる。また、フォトポリマー等の高分子材料も用いることができる。

【0041】本例では、複数の視点から観察されたそれぞれの画像を、空間光変調素子6に複数同時に表示しながら、それぞれの視点位置に対応した感光材料11の微小領域12内に、干渉光としての上記複数の要素ホログラムを記録(露光)していく。縮小光学系のレンズ10の光軸に垂直な平面を規定する2軸をx軸及びy軸とする。

【0042】1つの露光を終了すると、感光材料11をx軸又はy軸に沿って移動させ、次の要素ホログラムの露光を行う。この要素ホログラムの移動量は、空間光変調素子6の表示面積に縮小光学系の倍率を掛けた量である。これにより、それが複数の視差画像を含む複数の要素ホログラムは、感光材料11上においてマトリックス状に配置されることとなる。

【0043】感光材料11を現像処理すると、複数の微小領域12内に照射された干渉縞の強度に応じて透過率及び/又は位相が変化するリップマン型の複数の要素ホログラムが複数の領域に形成されてなるホログラム(11'とする)が作成される。

【0044】ホログラム11'には、実写した現実の物体あるいはコンピュータグラフィック等で作成された架空の物体を記録出来る。

【0045】現実の物体を表示させる2つの方法について記述すると、ひとつ目として視点からホログラム11'を観察し再生物体をホログラム11'の奥に表示させるには、要素ホログラムの位置に撮像レンズ中心を配置して物体を撮像した撮像画像を現実の物体と再生物体との大きさを勘案し空間光変調素子6に拡大縮小して同時に並列表示させて感光材料11'に記録する操作を繰り返す。ふたつ目として再生物体をホログラム11'の手前やホログラム11'が再生物体を横切るように表示させるためには、複数撮像した撮像画像の画素を並び替えて新たに作成した複数の画像を空間光変調素子6に同時に並列表示させて感光材料11'に記録する。

【0046】仮想物体を表示させるには、要素ホログラムを視点、空間光変調素子の実像もしくは虚像をスクリーン表示画像とみなし、仮想物体を任意に配置した後要素ホログラムを視点とする透視変換を行い、重なった物体については実際の観察視点に近い物体を残す隠面消去を行った画像を空間光変調素子6に同時に並列表示させて感光材料11'に記録する操作を繰り返す。これらの種々の表示画像の作成方法については、従来から知られており、例えば、特開平7-36357号公報、特許第3155263号公報に記載されている。

【0047】(ii) ホログラム再生用光学系

ホログラム11'の再生光として、参照光とは逆方向に入射する共役参照光を用い、共役光再生を行うと、ホログラム11'を照明する再生光は、光進行方向にホログラム11'をそのまま透過する0次回折光成分と、物体光と同じ波面を有するように反射する1次回折光成分とを有することとなる。

【0048】ここで、空間光変調素子6が、レンズアレイ7の前側焦点位置よりもレンズアレイ7側に配置されていた場合について考える。すなわち、レンズアレイ7の前側及び後側焦点距離をf3、空間光変調素子6とレンズアレイ7との間の距離をa3とすると、 $a3 < f3$ の場合である。

【0049】この場合、ホログラム11'の作成時において、空間光変調素子6から出射された物体光（空間変調素子像）は、上記前側焦点位置よりも光源側の位置（この位置を虚像位置と呼ぶこととし、この位置をホログラム11'（感光材料11）からの距離L）に仮想的におかれた空間光変調素子像（虚像と呼ぶこととする）13からの発散光と等価なものとなっている。空間光変調素子6には、複数の画像が表示されているので、それぞれの画像は要素ホログラムのピッチに比例してずれ、多重再生される。

【0050】この虚像位置Lは、空間光変調素子6とレンズアレイ7との距離a3、および縮小光学系の前焦点とレンズアレイ7との距離L3、言い換えるとレンズアレイ7の後段側の仕切体の長さL3、を設定することにより定められる。この際にホログラム11'と視点14との距離がホログラム11'と虚像位置Lとの距離に等しいか、もしくは短くなるようにa3とL3を設定する。再生照明光として共役参照光を用いる場合には、ホログラム11'は空間光変調素子6の虚像13を再生することになる。

【0051】ひとつの要素ホログラムは空間光変調素子6に表示された複数の画像の中のひとつの画像の虚像を再生することから、虚像13を構成する画素は該当する要素ホログラムからの光束により再生されているとも見なすことが出来る。またホログラム11'より観察される3次元像はこれらの光束から構成されていることになる。従って光束の太さが観察される3次元像の3次元的分解能を決定することになる。

【0052】視点を無視し3次元像を実像としてスクリーン等に投影する場合、この3次元的分解能を最小にするには虚像13を観察される3次元像の実像に近接させることとなる。しかし視点から直接3次元像を観察する際、隣接する光束同士が視点における瞳の中に入射し空間的に重なってしまう配置、すなわちホログラム11'と視点との距離がホログラム11'から虚像13までの距離より長い場合には、観察される3次元像の分解能を下げることになる。

【0053】従って、少なくともホログラム11'を視

点との距離がホログラム11'から虚像13までの距離より短くすることが望ましく、最良の画質で3次元像を観察できるためには視点の位置に虚像13を位置させる必要がある。

【0054】なお、距離L、空間光変調素子6の虚像13への変換時の拡大倍率M、空間光変調素子6の表示画像について若干の説明をしておく。

【0055】f1を縮小光学系後段側レンズ10の焦点距離、f2を縮小光学系前段側レンズ9の焦点距離、f3をレンズアレイ7の焦点距離、a3を空間光変調素子6とレンズアレイ7との距離、L3を縮小光学系の前焦点とレンズアレイ7との距離あるいはレンズアレイ7の後段側の仕切体の長さとして、距離L及び拡大倍率Mは以下の式で与えられる。

【0056】

【数3】

$$L = (f1/f2)^2 \times \left\{ \frac{a3 \times f3}{a3 - f3} - L3 \right\}$$

【0057】

【数4】

$$M = \frac{f1}{f2} \times \frac{f3}{f3 - a3}$$

【0058】ここで、空間光変調素子6の画素ピッチをPとすると、空間光変調素子の虚像の縦横の分解能はM × Pとなり、M × P < 瞳径（約3mm）を満足するようになると、要素ホログラム1個から瞳に入射する光線の数が複数となり、画素に欠落が生じても目立たず、3次元再生像が視点変化に対応して滑らかに変化するようになる。

【0059】また、空間光変調素子6の表面からの散乱光が物体再生の背景にノイズとして現れることが有るが、空間光変調素子6そのものの再生像が視点もしくは視点背後に結像するため、少なくとも再生される3次元像上またはその背後に観察されその再生像の品質を落とすことはない。

【0060】更に、被写体としての3次元物体から、空間光変調素子6に転送する2次元画像は、視点を要素ホログラムの位置とした場合の透視変換により計算する。すなわち、3次元物体をワールド座標系（x w, y w, z w）で表現し、要素ホログラムの位置をワールド座標系上（x, y, 0）とすると、3次元物体の位置は、空間光変調素子6上の座標（x h, y h）では、以下の式で示すように変換されている。

【0061】

【数5】

$$x_h = M \times (x_w - x) / z_w$$

【0062】

【数6】

$$y_h = M \times (y_w - y) / z_w$$

【0063】詳説すれば、座標（x h, y h）に（x

w, y w, z w) の輝度情報や、色情報を転送し、空間光変調素子6には計算された2次元画像が表示される。この時、同じ(x h, y h) 座標に複数の情報が重複する場合には、多くの場合、空間光変調素子6の虚像13を観察者の近くに配置するようにするため、z wを比較し、空間光変調素子6の虚像13に近いものを選択する。

【0064】次に、用いた素子の具体例を示す。

【0065】要素ホログラムをピッチ0.66mm毎に $3 \times 4 = 12$ 個一括露光し、それぞれの視域角(要素ホログラムからの再生光線発散角)を±30度に設定した。空間光変調素子6は、製造元:SONY(株)、型番:LCX023AL、画素間隔(ピッチ):26μm、画素数:1024×768のものを用いた。この空間光変調素子6に 256×256 の画像を $3 \times 4 = 12$ 画像同時表示させた。レンズ9(L2)、10(L1)による縮小率は $0.66 / (26 \times 256) = 0.1$ を満足するアフォーカル光学系を用いた。また、縮小率0.1を考慮し、光軸から100ピクセル離れた画素を通過する光が、レンズアレイ7から発散角3度となるように、レンズアレイ7の焦点距離f3は50mmとした。

【0066】次に、空間光変調素子6がレンズアレイ7の前側焦点位置よりも光源側に配置されていた場合について考える。

【0067】(第2実施形態)図2はホログラム作成装置の説明図である。この装置においては、空間光変調素子6に複数の画像をマトリックス状に表示し、それぞれの画像を個々の画像に対応する複数のレンズからなるレンズアレイで集光した後、アフォーカル光学系で縮小結像させて、感光材料11に照射・記録する。空間光変調素子6の像は実像化され、視点はその実像位置、もしくは実像位置から感光材料までの範囲に置かれる。

【0068】この装置は第1実施形態のものと同様であり、空間光変調素子6がレンズアレイ7の前側焦点位置よりもレーザ光源1側に配置されている点のみが異なる。本例においても、上記と同一工程において、感光材料11からホログラム11'が作成される。

【0069】本例で説明される $a_3 > f_3$ の場合、ホログラム11'の作成時において、空間光変調素子6から出射された光像は、レンズアレイ7、縮小光学系9、10の通過によって、レンズ10の後側焦点位置よりもレンズ10から離隔した位置(この位置を実像位置と呼ぶこととし、この位置をホログラム11'(感光材料11)から距離L'で表示することとする)上に、本来、結像する。すなわち、レンズ10から出射される物体光は、実像位置L'に結像するはずの空間光変調素子像(実像と呼ぶこととする)13'である。

【0070】上記実施形態と同様に、ホログラム11'の再生光として、図2における参照光と同一方向に入射

する再生光を用いて再生を行うと、要素ホログラムを照明する再生光は光進行方向に要素ホログラムをそのまま透過する0次回折光成分と、物体光と同じ波面を有するように反射する1次回折光成分を有することとなる。

【0071】ホログラム11'の作成時には、実像位置L'に結像(集光)するはずの実像13'が各要素ホログラムに記録されているので、再生光の照射によって、上記実像位置L'に各要素ホログラムに対応した空間光変調素子像の実像が再生する。さらに、空間光変調素子6に複数の画像が表示されているので、それぞれの画像は要素ホログラムのピッチだけずれて多重に再生される。

【0072】この実像位置L'は、空間光変調素子6とレンズアレイ7との距離a3、および縮小光学系の前焦点とレンズアレイ7との距離L3、言い換えるとレンズアレイ7の後段側の仕切体の長さL3、を設定することにより定められる。この際にホログラム11'と視点14との距離がホログラム11'と実像位置L'との距離に等しいか、もしくは短くなるようにa3とL3を設定する。再生照明光として共役参照光を用いる場合には、ホログラム11'は空間光変調素子6の実像13'を再生することになる。

【0073】ひとつの要素ホログラムは空間光変調素子6に表示された複数の画像の中のひとつの画像の実像を再生することから、実像13'を構成する画素は該当する要素ホログラムからの光束により再生されているとも見なすことが出来る。またホログラム11'より観察される3次元像はこれらの光束から構成されていることになる。従って光束の太さが観察される3次元像の3次元的分解能を決定することになる。

【0074】視点を無視し3次元像を実像としてスクリーン等に投影する場合、この3次元的分解能を最小にするには実像13'を観察される3次元像の実像に近接させることとなる。しかし視点から直接3次元像を観察する際、隣接する光束同士が視点における瞳の中に入射する時空間的に重なってしまう配置、すなわちホログラム11'と視点との距離がホログラム11'から実像13'までの距離より長い場合には、観察される3次元像の分解能を下げることになる。従って、少なくともホログラム11'と視点との距離がホログラム11'から実像13'までの距離より短くすることが望ましく、最良の画質で3次元像を観察できるためには視点の位置に実像13'を位置させる必要がある。

【0075】なお、距離L'、倍率、透視変換などについては、上記(3)~(6)式のlをL'で置き換えて与えられる。

【0076】なお、別の実施形態として上記空間光変調素子6を削除し、前記拡散板5に新たな空間光変調素子の像を投影するホログラムの作成装置も有効性において変わらない。すなわち、上記空間光変調素子像を拡散ス

13

クリーン上に投影し、この拡散スクリーンを、上記第1又は第2実施形態に記載の空間光変調素子6と同一の位置に配置してもよい。

【0077】次に、拡散面光源で空間光変調素子を照明し、要素ホログラムの光分布の均一化と大きさの可変性を向上させ、空間光変調素子の像が虚像化され、視点はその虚像位置、もしくは虚像位置から感光材料までの範囲に置かれた実施例について説明する。

【0078】(第3実施形態)図3は、拡散面光源により、空間光変調素子を照明する光学系を備えたホログラム作成装置の説明図である。本実施形態と第1実施形態との相違点は、拡散板5を削除し、レーザ光源1からのビームをレンズ3で拡大し、拡散板5に照射して発生させた拡散面光源17を新たな光源とした後、タンデムに配置されたレンズ4とレンズアレイ7により、拡散面光源17をレンズ9の前側焦点面8上に多重結像させてあることである。その他の光学配置については第1実施形態と同様である。

【0079】始めに、拡散面光源をタンデムレンズ光学系の特殊な場合に相当するアフォーカル光学系で結像させた光学系について説明する。

【0080】拡散面光源17がレンズ4の前側焦点面に配置され、レンズ4の後側焦点面がレンズアレイ7の前側焦点面に一致している。この場合、拡散面光源17はレンズ9の前側焦点面8に結像し、その大きさは、レンズ4の焦点距離f4、レンズアレイ7の焦点距離f3、光源結像倍率をMsとすると、以下の式で与えられるMsを乗じたものとなる。

【0081】

【数7】

$$M_s = f_3 / f_4$$

【0082】したがって、レンズ9の前側焦点面8におけるそれぞれの画像の集光分布の大きさを(式7)により変更することが出来る。ここで、前記それぞれの画像の集光分布の大きさは少なくとも空間光変調素子6に表示される複数の画像の1つの大きさ以上にすることで、要素ホログラム11に隙間が発生しない。このためには、拡散面光源17の大きさを変化させるか、或いはレンズ4の焦点距離を大きくすることで設定できる。

【0083】次に、一般的なタンデムレンズ系の場合には、fを2つのレンズの合成焦点距離、2つのレンズの距離をd、2つ目のレンズから合成レンズの後側焦点までの距離をS2とすると、以下の関係が成立する。

$$* \tan \theta = ((D_s - SLM_D) / 2) / L_s$$

【0094】これらの2式(式11、式12)を満たすDSは、 $D_s = 31.1\text{ mm}$ であり、 δ を満たす値よりも小さくなっている。したがって、最低でも(式11)の角度 θ 、望ましくは、それ以上の角度を張る第2の拡散面光源19を用意することが必要である。このためには、レンズ4の口径をDS以上とし、さらに、この口径

14

*【0084】

【数8】

$$f = f_1 \times f_2 / (f_1 + f_2 - d)$$

【0085】

【数9】

$$d = f_2 \times (f_1 - d) / (f_1 + f_2 - d)$$

【0086】拡散面光源の結像位置と、その結像倍率は、これらの式から求められる。ここで空間光変調素子6に照射される光束は拡散光であるので、スペックルと呼ばれる斑点模様が空間光変調素子6の面上に重畳することになる。このスペックルの平均径が空間光変調素子6の変調要素(画素)間隔Pより大きければ、要素ホログラムから再生される空間光変調素子6の虚像13にも斑点模様が重畳し、その大きさが瞳径以上で有れば視点14から見て要素ホログラムが見えにくくなることもあり得る。従って空間光変調素子6上のスペックル径を可能な限り細かいものにする必要がある。

【0087】スペックル平均径 δ は、図4に示すように、長さSLM_Dの空間光変調素子6の端点からレンズ4の有効口径DSに対して張る面19を第2の拡散面光源と見做し、レンズ4と空間光変調素子6の間隔をLSとすると、以下の式で与えられる。

【0088】

【数10】

$$s = 1.2 \times \lambda \times L_s / (D_s \cdot SLM_D) < P$$

【0089】数値の一例を示すと、 $P > \delta = 2.6\text{ }\mu\text{m}$ に対し、 $L_s = 10\text{ cm}$ 、 $\lambda = 0.6\text{ }\mu\text{m}$ の場合、 $D_s > 29.4\text{ mm}$ となる。但し、スペックル平均径 δ が一桁小さくなるように設定すると、 $\delta = 2.6\text{ }\mu\text{m}$ に対し、 $D_s > 54.3\text{ mm}$ となる。

【0090】あるいは、干渉の考え方より、空間光変調素子6の変調要素間隔(画素間隔)Pを有する2つの光束の干渉を考えると、空間光変調素子6への入射角 θ 、すなわち、1つ画素側から見た入射光の広がり角(半角値)は以下の式で近似される。

【0091】

【数11】

$$\theta = \sin^{-1}(\lambda / P)$$

【0092】この値の一例を示すと、 $P = 26\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\lambda = 0.6\text{ }\mu\text{m}$ に対して、 $\theta = 1.32\text{ 度}$ となる。 $\tan \theta$ は以下の式で与えられる。

【0093】

【数12】

$$* \tan \theta = ((D_s - SLM_D) / 2) / L_s$$

内に拡散光を入射させることが必要である。

【0095】このため、図3ではレンズ3により、レーザビームを拡大し、その発散角を制御することで対応している。具体的にはレンズ3の焦点距離を短くし、DS以上の第2の拡散面光源を発生させている。

【0096】拡散面光源17の直径を1.5cm、レン

ズ4のF値をF1, 2、焦点距離fを50mm、有効口径を35.7mm、レンズ4と空間光変調素子6の間隔を6mm、スペックル平均径δを0.5μmでホログラムを作成した。要素ホログラムから、空間光変調素子6の再生像に視点を置き、要素ホログラムを観測した時、要素ホログラムが観測できなくなることは無かった。

【0097】すなわち、本例では、λを拡散面光源から発生する拡散光の波長、Pを空間光変調素子の変調要素間の間隔とした場合に、タンデムレンズ系の拡散面光源17に近い凸レンズ4の口径DSと、凸レンズ4と空間光変調素子6との距離LSの関係を、空間光変調素子6の任意の位置において、少なくとも(式11)のθの角度以上を保持するように凸レンズの口径DSと、凸レンズDSと空間光変調素子6の間隔LSとが設定される。この場合には、空間光変調素子6上で発生する拡散面光源17による干渉縞の間隔が略空間光変調素子6の変調要素間隔より小さくなるため、空間光変調素子6に表示される画像の画素に光が照射されず欠陥画素となる確率が低くなるという効果が発生する。

【0098】拡散面光源17の面積は、凸レンズ4の口径内全てに拡散光を入射させるだけで足る面積であり、空間光変調素子6上で発生する拡散面光源による干渉縞の間隔は略空間光変調素子6の変調要素間隔より小さくなる。

【0099】空間光変調素子6そのものの再生像が視点もしくは視点背後に結像するため、少なくとも再生される3次元像上またはその背後に観察されその再生像の品質を落とすことはない。

【0100】次に、拡散面光源で空間光変調素子を照明し、要素ホログラムの光分布の均一化と大きさの可変性を向上させて、空間光変調素子の像が実像化され、視点はその実像位置、もしくは実像位置から感光材料までの範囲に置かれた実施例について説明する。

【0101】(第4実施形態)図5は、拡散面光源により空間光変調素子を照明する光学系を備えたホログラム作成装置の説明図である。本実施形態の第2実施形態との相違点は、拡散板5を削除し、レーザ光源1からのビームをレンズ3で拡大し、拡散板5に照射し、拡散面光源17を新たな光源として後、タンデムに配置されたレンズ4とレンズアレイ7によりレンズ9の前側焦点面8上に結像させた点である。

【0102】その他の光学配置については第2実施形態と同一である。アフォーカルレンズ系においては、距離L'、拡大倍率M及び3次元物体の位置は(式3)～(式6)、光源結像倍率は(式7)と同様である。また、一般的なタンデムレンズ系においては、(式8)及び(式9)から拡散面光源の結像位置と、その倍率を求めることが同様である。更に、レンズ3により、レーザビームを拡大し、その発散角を制御する。

【0103】以上、説明したように、第1乃至第4実施形態のホログラム作成方法によれば、空間光変調素子6又は拡散スクリーン(図示せず)に表示される複数の画像を物体光とし、該物体光に含まれる個々の画像に対応して配置される複数のレンズからなるレンズアレイ7及びレンズアレイ7から出射された物体光を縮小する縮小光学系9, 10を介して、物体光を参照光と共に記録面11上に照射し、この記録面11に物体光と参照光との干渉光を記録するホログラム作成方法において、少なくとも空間光変調素子6とレンズアレイ7との間に個々の前記画像を互いに隔離する仕切体15が設けられている。記録面11には、物体光と参照光との干渉光が同時に記録される。

【0104】また、前記複数の画像の表示面と複数のレンズからなるレンズアレイとの間隔および前記レンズアレイと前記縮小光学系の間隔は、前記レンズアレイおよび前記縮小光学系による前記複数の画像の表示面の実像又は虚像位置が前記ホログラムの観察位置と一致するか、もしくは前記ホログラムから離れるように設定される。

【0105】本作成方法によれば、空間光変調素子とレンズアレイの間には、レンズアレイの集光像が、お互いに重ならないように仕切体15が設けられているため、特定の要素ホログラムが記録されるべき領域に隣接する要素ホログラムを記録する光が混入することを防ぐことから隙間無く整然と記録出来る。

【0106】このことは要素ホログラムから空間光変調素子の画素を再生する光束の太さを必要以上の太さになることを防止出来るために、観察される3次元像再生像の空間分解能を向上させることが出来る

【0107】第1乃至第4実施形態のホログラム作成方法によれば、空間光変調素子6の前段側に拡散光源が設けられている。拡散光が空間光変調素子6に照射されるので、空間光変調素子6上の照度が均一となる。また、拡散光のため、レンズアレイ7の個々の集光像の大きさは、空間光変調素子6に表示される複数画像の個々の大きさ以上となる。

【0108】この拡散光源は、レーザ光源1と、このレーザ光源1及び空間光変調素子6間に設けられた拡散板6によって構成することができる。拡散板5の出射光は、直接、空間光変調素子6に入射してもよい。この場合には、極めて簡単で安価な拡散光発生手段を実現できるという効果がある。また、この拡散光源は、第3及び第4実施形態に示すように、レーザ光源1から出射されたレーザ光のビーム径を拡大して拡散板5に照射する拡大レンズ3と、拡散板5から発散する拡散光を平行光化して空間光変調素子6に照射するコリメートレンズ4を備えている。

【0109】この場合には、1つ目の凸レンズの後側焦点面に空間光変調素子と2つ目の凸レンズの前側焦点面

を配置させるというアフォーカルレンズ系と異なり、空間光変調素子6と2つの凸レンズ3、4の配置に自由度が発生する。したがって、拡散面光源17の結像位置や結像倍率に対する自由度も発生する。

【0110】ホログラム11'によって再生される空間光変調素子の実像13までの再生距離をL_e、ホログラム11'と観察位置14までの観察距離をL_e、空間光変調素子6とレンズアレイ7との距離a₃、および縮小光学系の前焦点とレンズアレイ7との距離L₃、言い換えるとレンズアレイ7の後段側の仕切体の長さL₃、縮小光学系後段側レンズ10の焦点距離f₁、縮小光学系前段側レンズ9の焦点距離f₂、レンズアレイ7の焦点距離f₃、を用いた式(13)の関係を満たすようにa₃、L₃を設定する。

【0111】

【数13】

$$L_e \Leftrightarrow L = (f_1/f_2)^2 \times \left\{ \frac{a_3 \times f_3}{a_3 - f_3} - L_3 \right\}$$

【0112】Lの大きさを設定することで空間光変調素子の像の大きさ、再生される画素の大きさも決定され、要素ホログラムと画素を結ぶ光束の太さも決定される。従って再生される3次元像の空間分解能を決定出来るという効果が発生する。前記不等号を満たす場合には、ホログラム11'と視点との距離がホログラム11'から虚像13までの距離より長い場合に生ずる隣接する光束同士が視点における瞳の中に入射し空間的に重なってしまう配置を避けることが出来、観察される3次元像の品質を向上させることが出来るという効果が発生する。そして等号の場合には、最良の画質で3次元像を観察できるという効果が発生する。

【0113】空間光変調素子6そのものの再生像にノイズが存在したり空間光変調素子6の投影像の再生像にノイズが存在してもノイズ自体が、視点もしくは視点背後に結像するため、少なくとも再生される3次元像上またはその背後にノイズが観察されそのために再生像の品質を落とす事態になることは無い。

【0114】

【発明の効果】本発明のホログラム作成方法によれば、要素ホログラムの大きさを適度の大きさで隙間無く整然と記録出来、それにより要素ホログラムから空間光変調

素子の画素を再生する光束の太さが必要以上の太さになることを防止すること、およびレンズアレイと空間光変調素子との間隔およびレンズアレイと縮小光学系との間隔を設定することで要素ホログラムから空間光変調素子の画素を再生する光束の太さを設定出来るため、観察される3次元像再生像の空間的分解能を向上させるという効果が発生する。さらに再生される空間光変調素子の位置に関して、隣接する光束同士が視点における瞳の中に入射し空間的に重ならない配置、すなわちホログラムと視点との距離がホログラムから空間光変調素子の再生像までの距離より等しいか短い距離と設定することが出来るため観察される3次元像再生像の品質を向上させるという効果が発生する。と同時に予期し得ない空間光変調素子上から発生する散乱光は、視点もしくは視点背後に結像するため少なくとも再生される3次元像上またはその背後に観察されその再生像の品質を落とすことは無いという効果も発生する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係るホログラム作成装置の説明図である。

【図2】第2実施形態に係るホログラム作成装置の説明図である。

【図3】第3実施形態に係るホログラム作成装置の説明図である。

【図4】空間光変調素子6とレンズ4の関係を示す図である。

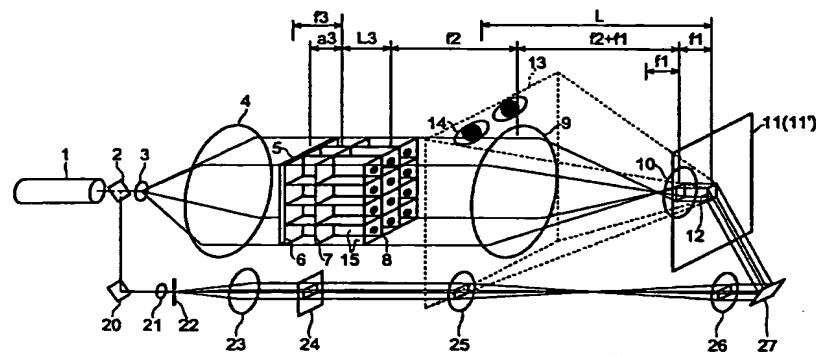
【図5】第4実施形態に係るホログラム作成装置の説明図である。

【図6】従来の二次元ホログラム作成装置の構成図である。

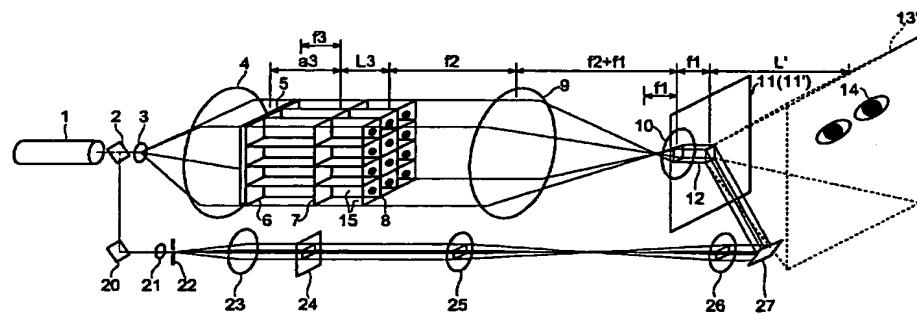
【符号の説明】

1…レーザ光源、2…ハーフミラー、3、4…ビームエキスパンダ、5…拡散板、6…空間光変調素子、7…レンズアレイ、8…前側焦点面、9、10…縮小光学系1
1…感光材料(記録面)、11'…ホログラム、13'…実像、13…虚像、14…観察視点、15…仕切体、17…拡散面光源、20、27…平面反射鏡群、21、23…ビームエキスパンダ、22…空間フィルタ、24…マスク、25、26…アフォーカルレンズ光学系。

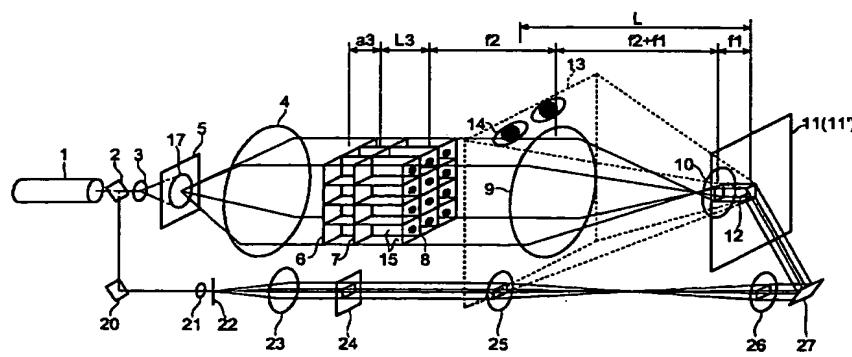
【図1】



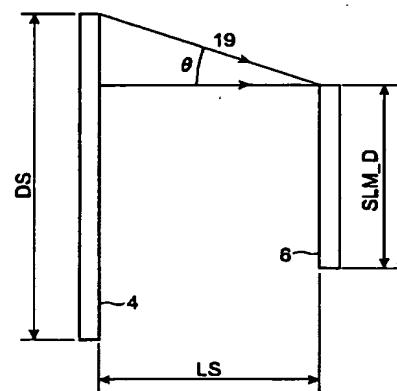
【図2】



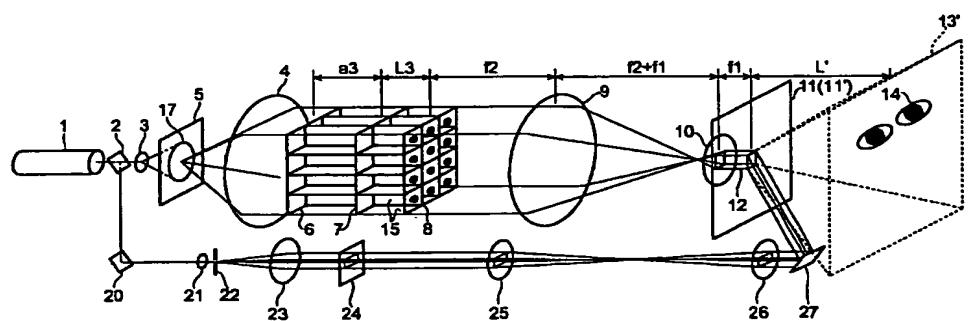
【図3】



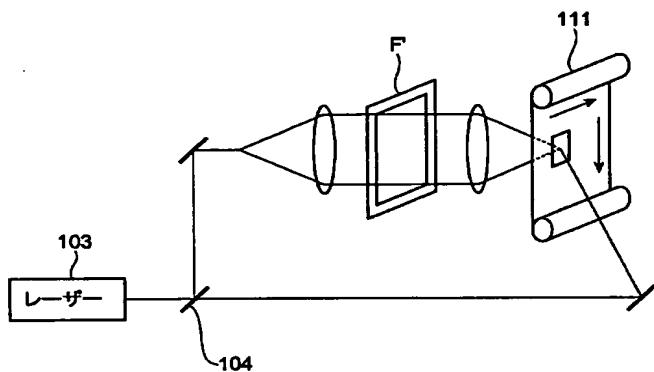
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 今 健次
青森県むつ市中央2丁目24-2 有限会社
アートナウ内

F ターム(参考) 2H088 EA05 EA48 HA21 HA22 HA25
HA28 MA01
2H091 FA15Z FA29X FA31Z FA46Z
LA16 MA01
2K008 AA04 BB04 CC01 DD13 DD15
EE04 FF03 FF08 HH06 HH23
HH25 HH26

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.